



## **O USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO PROPOSTA PARA O ESTUDO DO CONCEITO DE VELOCIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE MANAUS**

Everson Apolinário de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Minos Martins Adão Neto

Manaus  
2018

**O USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO PROPOSTA  
PARA O ESTUDO DO CONCEITO DE VELOCIDADE EM UMA ESCOLA  
PÚBLICA DE MANAUS**

Everson Apolinário de Souza

Orientador:  
Minos Martins Adão Neto

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto - UFAM

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Luciana Rocha Hirsch - UTFPR

---

Prof. Dr. José Roberto Viana Azevedo - UFAM

Manaus  
2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

S131p Souza, Everson Apolinário de  
O uso de sequências didáticas investigativas como proposta para o estudo do conceito de velocidade em uma escola pública de Manaus / Everson Apolinário de Souza - Manaus: UFAM/IFAM, 2018.  
viii, 130 f.: il.;30cm.  
Orientador: Minos Martins Adão Neto  
Dissertação (mestrado) – UFAM / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.  
Referências Bibliográficas: f. 73-74.  
1. Ensino de Física. 2. Sequências Didáticas Investigativas. 3. Velocidade. I. Souza, Everson Apolinário de. II. Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. O uso de sequências didáticas investigativas como proposta para o estudo do conceito de velocidade em uma escola pública de Manaus.

Dedico esta dissertação à minha mãe, Maria das Graças Batista de Souza.

Ao meu pai, Edilson Apolinário de Souza.

À minha irmã, Ellen Conceição Apolinário de Souza.

E à minha querida sobrinha, Sofia Souza dos Santos

## **Agradecimentos**

A conclusão desta jornada não seria possível sem o auxílio acadêmico, moral e fraternal daqueles que independentemente do momento, estavam prontos a me ajudar. Por isso, de forma muito fraternal eu tenho muito a agradecer a:

Deus, Senhor soberano, que me acompanha a cada momento. Minha mãe, D. Maria meu porto seguro por toda a vida. A meu pai Edilson, que sempre me incentivou Ellen minha irmã, que sempre me auxiliou quando necessário. Sofia minha sobrinha, minha maior motivação de ser sempre melhor. Aos meus amigos professores do Grupo da Mesa Vermelha, que por tantas vezes compartilhamos angústias e planos no desejo de uma sociedade melhor. Ao meu orientador prof. Dr. Minos Martins Adão Neto que norteou os caminhos desta pesquisa.

## RESUMO

### O USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO PROPOSTA PARA O ESTUDO DO CONCEITO DE VELOCIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE MANAUS

Everson Apolinário de Souza

Orientador:  
Minos Martins Adão Neto

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O desenvolvimento das concepções alternativas no sentido do saber científico é uma evolução gradativa e extensa. A razão para isso é que tais ideias são harmoniosas, globais, obstinadas e sólidas (PINTÓ, *et al.*, 1996). Diversos pesquisadores têm salientado as colaborações do uso dessas atividades para o desenvolvimento conceitual (AZEVEDO, 2006; CARVALHO, 2013; BORGES, 2002). Realizou-se neste trabalho um estudo acerca das colaborações dessas atividades para o desenvolvimento do conceito de velocidade. Realizou-se este estudo no primeiro semestre de 2018 com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio que haviam passado pelo estudo do conteúdo de cinemática. A maior parte deles evidenciou concepção alternativa, o que comprova que essa maneira de saber pode ocorrer mesmo depois da educação formal. Realizaram-se três atividades que puseram os estudantes frente a diversos eventos no intuito de gerar conflito cognitivo (CARVALHO, 1992). Foram recolhidos os produtos escritos dos estudantes e analisados usando-se como norte a análise de conteúdo (BARDIN, 1977). Foi demonstrado que as atividades investigativas executadas são uma excelente opção às aulas clássicas de laboratório e apresentaram potencialidade na promoção do desenvolvimento das concepções alternativas.

**Palavras-chave:** Educação, concepção alternativa, atividade experimental investigativa, desenvolvimento conceitual.

Manaus  
2018

## ABSTRACT

### THE USE OF INVESTIGATIVE DIDACTIC SEQUENCES AS A PROPOSAL FOR THE STUDY OF THE SPEED CONCEPT IN A MANAUS PUBLIC HIGH SCHOOL

Everson Apolinário de Souza

Supervisor:  
Mínos Martins Adão Neto

Master's Dissertation submitted to the Program in the Professional National Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

The development of alternative conceptions in the sense of scientific knowledge is a gradual and extensive evolution. The reason for this is that such ideas are harmonious, global, stubborn, and solid (PINTÓ, *et al.*, 1996). Several researchers have emphasized the collaborations of the use of these activities for the conceptual development (AZEVEDO, 2006; CARVALHO, 2013; BORGES, 2002). A study was carried out on the collaborations of these activities for the development of the concept of speed. This study was carried out in the first semester of 2018 with students of the first year of High School who had already studied the content of kinematics. Most of them showed alternative conception, which proves that this way of knowing can occur even after formal education. Three activities were carried out that put the students in front of several events in order to generate cognitive conflict (CARVALHO, 1992). The students' written products were collected and analyzed using the content analysis as a guide (BARDIN, 1977). It was demonstrated that the investigative activities performed are an excellent option to the classic laboratory classes and presented potential in the promotion of the development of the alternative conceptions.

**Key words:** Education, alternative conception, investigative experimental activity, conceptual development.

Manaus  
2018

# SUMÁRIO

Capítulo 1: Introdução .....	1
1.1 A organização da dissertação .....	4
1.2 Justificativa .....	5
Capítulo 2: Fundamentação teórica.....	6
2.1 Uma breve contextualização histórica.....	6
2.2 Concepções alternativas e o ensino/aprendizagem de física.....	8
Capítulo 3: Atividades Investigativas.....	11
3.1 Contexto histórico .....	11
3.2 As atividades investigativas, as teorias de Vygotsky e Piaget.....	16
3.3 O ensino de física e as atividades investigativas.....	21
Capítulo 4: Metodologia.....	31
4.1 Planejamento e realização das atividades .....	31
4.2 Metodologia de análise de conteúdo .....	37
4.2.1 Breve histórico .....	37
4.2.2 O que é a Análise de Conteúdo .....	38
4.2.3 Por quê utilizar a análise de conteúdo.....	39
4.2.4 Etapas da análise de conteúdo.....	40
4.2.4.1 Pré-análise:.....	40
4.2.4.2 Exploração do Material:.....	43
4.2.4.3 Tratamento dos Resultados, Inferência e Interpretação:.....	43
4.2.5 A codificação .....	43
4.2.5.1 Unidades de Registro e de Contexto .....	44
4.2.5.2 Regras de enumeração.....	45
4.2.5.3 A Classificação e Agregação: Escolha das Categorias .....	48
4.2.6 A inferência.....	51
Capítulo 5: Resultados e discussões .....	53
5.1 Estudo 1: análise das respostas dadas ao teste diagnóstico.....	53
5.2 Estudo 2: investigação de evolução conceitual a partir da realização das atividades experimentais investigativas .....	56
5.3 Estudo 3: investigação da evolução no conceito de velocidade (qualitativo e quantitativo) .....	62
Capítulo 6: Considerações finais .....	69
Referências Bibliográficas.....	72
APÊNDICE A .....	75
APÊNDICE B.....	104

# Capítulo 1: Introdução

Pesquisadores da área do ensino têm apontado diversos problemas que a educação brasileira demonstra dificuldades em encontrar soluções práticas e relevantes. Problemas como: o conhecimento dividido em partes e distribuído nas disciplinas, a grande quantidade de informações dos currículos que afastam a experiência e o pensamento crítico dos conteúdos ensinados nas escolas, professores sobrecarregados com a carga horária de trabalho que às vezes é elevadíssima, aulas fragmentadas e conteúdos muito extensos.

Após a graduação, muitos dos professores não investem seu tempo em pesquisas e inovações, como exemplo pode-se citar grande parte dos professores tanto da rede pública de ensino quanto da privada. No ensino de Ciências, essas questões podem ser notadas pela dificuldade do estudante em relacionar a teoria desenvolvida em sala com a realidade a sua volta, não reconhecendo o conhecimento científico em situações do seu cotidiano. Aliado a essas questões tem-se o grande obstáculo de transformar o ensino de ciências em algo prazeroso, instigante, mais interativo, dialógico e baseado em atividades capazes de persuadir os estudantes a admitirem as explicações científicas para além do contexto escolar (WILSEK e TOSIN, 2012).

Pesquisadores, professores e parte dos governantes têm se preocupado constantemente com o grande índice de dificuldade e a falta de interesse e de motivação para o estudo da Física, tanto em nível básico quanto no universitário. Em geral, o estudante que termina seus estudos em nível médio e inicia um curso universitário passa por enormes dificuldades em acompanhar as disciplinas da física básica, e é nos conceitos da mecânica que esses problemas mais se acentuam (WILSEK e TOSIN, 2012).

O conhecimento prévio que os estudantes apresentam na forma de concepções alternativas que eles têm sobre a física se apresenta como um dos problemas encontrados como geradores desta dificuldade. De acordo com Peduzzi e Peduzzi (1985), o princípio desses conhecimentos está no fato da criança, desde a infância, absorver e desenvolver crenças e explicações sobre o mundo em que vive. Crenças estas, que não são simples ideias isoladas, mas apresentam-se como partes de estruturas conceituais que

proporcionam uma compreensão coerente do mundo, mas que, na maioria das vezes, está em desacordo com as teorias científicas.

As concepções alternativas ganharam importância nos processos de ensino e aprendizagem, passando-se a aceitar que elas, frequentemente em contradição com o conhecimento científico, interferem na forma de assimilação dos conceitos científicos, e que costumam persistir após a instrução.

É imprescindível que, de acordo com Watts e Zylbersztajn (1981), para que o estudante passe da visão do senso comum para a cientificamente aceita, as estratégias de ensino contemplem: a consciência, por parte do professor, da existência e resistência das concepções alternativas; o conhecimento de algumas das formas que estas estruturas conceituais podem assumir; uma atitude positiva para estas concepções e vontade para usá-las como pontos de partida para o ensino.

Essa preocupação chegou até aos documentos oficiais. No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997) priorizam a capacidade de reflexão do professor sobre sua maneira de ensinar e que este oriente suas aulas segundo uma metodologia ativa e participativa. Para isto, é imprescindível considerar o mundo em que o aluno vive, assim como os problemas e as indagações que movem sua curiosidade, relacionando o novo material de estudo com suas noções prévias, de forma que este material tenha significado para ele, tendo em vista a aprendizagem.

*“[...] questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação (BRASIL, 1998, p. 8). ”*

O fato de os resultados das concepções alternativas não estarem chegando às classes de aula tem se constatado um problema que exige uma solução, embora não seja nenhuma novidade o estudo acerca das concepções alternativas. Essas estruturas intuitivas continuam sendo uma das grandes dificuldades apresentadas pelos alunos, de qualquer nível de escolaridade, na aquisição do saber científico, uma vez que elas são resistentes a mudanças.

Desde que a educação se tornou sistemática é possível perceber o uso das tecnologias em seu suporte mais básico, como por exemplo a tecnologia do giz e do quadro negro, gradativamente substituídas, em sua maioria, por recursos tecnológicos digitais como projetores de slides e lousas interativas, além disso há os livros didáticos que vão, aos poucos, sendo substituídos por livros digitais que podem ser usada em tabletes, notebooks e outros.

Atualmente, ocorreu uma expansão do sentido desse termo tecnologia que acabou tendo vários enfoques e tem sido utilizado para designar entre outras coisas a tecnologia de informação e de produção; as maneiras de manejo das máquinas, equipamentos, instrumentos e até mesmo os estudos dos aspectos econômicos da tecnologia e seus efeitos sobre a sociedade.

Nesse sentido é que Grinspun destaca:

*“A tecnologia envolve um conjunto organizado e sistematizado de diferentes conhecimentos, científicos, empíricos e até intuitivos voltados para um processo de aplicação na produção e na comercialização de bens e serviços (GRINSPUN, 1999:49).”*

Em uma concepção mais científica pautada na origem grega da palavra, tecnologia está relacionada com técnica, que é egressa da teoria. Logo, tudo parte do empírico; passa a ser objeto de investigação; torna-se teoria e enfim vem ao mundo como concretude pelo experimento e comprovação: temos então a técnica, ou melhor a tecnologia.

Esse alcance dessa mesma tecnologia tem, entre outras coisas, aberto portas para novos experimentos na área educacional. No entanto, no que tange ao ensino da física poucos avanços relevantes aconteceram. Não seria muito sagaz da parte dos docentes acreditar que, com tantas tecnologias de informação à solta, não se pudesse utilizá-las em benefício de si mesmo e dos discentes. Dessa maneira, em nosso projeto pretendemos investigar as possibilidades de usar programas tecnológicos para ensinar os conceitos de física como aplicativos de comunicação e redes sociais para interagir com o aluno, fazendo com que a aula fuja da mesmice tradicional e passe a se tornar mais interessante.

O mundo que hoje se apresenta é divergente daquele que há vinte ou trinta anos se expunha. Nos tempos idos, era necessário aguardar até a hora do nascimento para descobrir qual era o gênero da criança: masculino ou feminino. Atualmente, o uso da tecnologia já mostra todas as informações antecipadamente, em tempo real. Como esse, poderíamos citar inúmeros exemplos de como a humanidade tem se beneficiado com o

passar do tempo da técnica egressa da ciência, porém busquemos manter-nos focados somente na que cerca a educação.

É apresentado por Morin (2007) a afirmação de que “o relacionamento entre indivíduo-sociedade-espécie é como a trindade divina, um dos termos gera o outro e um se encontra no outro. A realidade humana é trinitária”. Seguindo esse ponto de vista é correto afirmar a interação como elemento determinante dentro de um relacionamento entre os seres humanos, dessa maneira nota-se uma dependência recíproca que precisa ser correspondida da maneira mais honesta possível. Na circunstância professor e aluno, mais ainda, há uma responsabilidade maior, já que o primeiro está responsável pela formação do segundo, não deveria, com isso, omitir-se no que diz respeito ao contexto social e tecnológico no qual seu discente está inserido.

## **1.1 A organização da dissertação**

Esta dissertação é apresentada em seis capítulos e dois apêndices.

Este capítulo introdutório tem o objetivo de situar o leitor no contexto da pesquisa, justificá-la e apresentar de maneira sucinta os tópicos que serão desenvolvidos ao longo do texto.

O Capítulo 2 apresenta o Referencial Teórico em que são colocadas as concepções alternativas que foram bases teóricas para o desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo 3 apresenta as atividades investigativas. Inicia-se com uma contextualização histórica; apresenta a importância de teorias, tais como, Teoria Cognitivista de Piaget e Teoria Sociocultural de Vygotsky, tiveram no desenvolvimento das atividades investigativas; discute estudos que utilizaram sequências de ensino investigativas (SEIs) no ensino de física.

O Capítulo 4 descreve a Metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 5 apresenta os Resultados e Discussões a partir das análises dos dados obtidos na aplicação de cada instrumento de coleta utilizado, buscando evidências da evolução conceitual em cada uma delas.

O Capítulo 6 apresenta as Considerações finais.

## **1.2 Justificativa**

Pelo exposto anteriormente, tendo como pressuposto que essas concepções alternativas influenciam no aprendizado dos conceitos científicos e que a sua desconsideração no ensino dificulta a aprendizagem dos conteúdos de mecânica, a justificativa desse trabalho se apresentou devido à preocupação principal de analisar se atividades experimentais de caráter investigativo contribuem para a evolução dos conceitos iniciais apresentados pelos estudantes a respeito do conceito de velocidade, e de que forma isso acontece. Como uma preocupação em segundo plano, este estudo visa subsidiar os professores com uma reflexão sobre a temática, de maneira que tomem consciência da relevância de se abordar tais conceitos intuitivos no ensino de Física e apresentar, ao professor, uma metodologia de uso do laboratório que diverge da tradicional.

A partir da tomada dessa finalidade como objetivo a ser alcançado, o professor pode organizar diversas ações de ensino nas quais os estudantes participem das aulas de maneira mais ativa. Como afirma Lemke (2006), precisa-se encontrar novas formas de ensinar que estejam pautadas sobretudo na viabilidade dos estudantes expressarem suas ideias iniciais e seus conceitos científicos a fim de dar ao professor subsídio para traçar planos de ação e de mediação.

# Capítulo 2: Fundamentação teórica

## 2.1 Uma breve contextualização histórica.

A área do ensino passou a ser pesquisada largamente a partir do século XX, sobretudo sob o viés de teorias behaviorista. Segundo estas, aprende-se através da repetição, estímulo e resposta e, o aluno não exerce nenhuma função nesse processo, é somente um expectador que irá receber todo conhecimento a partir do professor (SHUELL, 1988; BIEHLER e SNOWMAN, 1990 *apud* LEITE, 1993). Cabe salientar que, nessa época, alguns pesquisadores recorriam a testes e métodos estatísticos, como meta de identificar um modo melhor de transmitir o saber do professor para o estudante (LEITE, 1993). Assim sendo, não se preocupavam em "como" e nem "por que" os estudantes apresentavam soluções divergentes quando submetidos às mesmas táticas de ensino. As diversas táticas utilizadas não levaram a resultados satisfatórios, pois a teoria que subsidiava suas pesquisas não levavam em consideração uma variável essencial, a natureza distinta dos indivíduos (BIEHLER e NOWMAN, 1990 *apud* LEITE, 1993).

Psicólogos e pesquisadores, no decorrer da década de 1960, passaram a notar que os estudantes exerciam uma função essencial no processo de ensino aprendizagem. Assim sendo, perceberam a importância de se ter que estudar esse processo mais extensivamente, sobretudo a interação entre o aluno e o ambiente em que está inserido. Dessa forma, no começo da década de 1970, as teorias behavioristas passaram a perder cada vez mais espaço para outras teorias como a construtivista, que possuíam como nomes basilares o de Piaget, Ausubel e Novak (LEITE, 1993).

Mesmo que Piaget ou Ausubel concordassem com o fato de o estudante organizar o que se aprende em sua estrutura cognitiva, Piaget focava nas operações lógicas sem levar em consideração o conteúdo, pois a meta de Piaget era estudar como ocorria o desenvolvimento humano, ao passo que Ausubel focava nos saberes que o estudante já possui em sua estrutura cognitiva para então produzir o novo saber, já que a meta dele era compreender de que maneira se processava a aprendizagem de conceitos e conteúdos nos estudantes e de que maneira o novo saber se relaciona ao conhecimento prévio (LEITE, 1993); (MOREIRA, 1999); (CARVALHO 2013).

No final da década de 1920, ao executar uma entrevista com crianças, com o intuito de “[...] descobrir quais eram os processos de raciocínio que conduziam às respostas erradas e os que conduziam às respostas corretas” (FERREIRO, 2001, p. 108 *apud* GOMES, 2008), Piaget elucidou que o raciocínio das crianças exibiam dificuldades, ainda não conhecidas, por volta da faixa etária de 10-11 anos. Pode-se dizer que o fascínio pelos saberes prévios dos alunos começou junto com o construtivismo através das pesquisas iniciadas por Piaget relacionadas a conceitos como, por exemplo, tempo, velocidade e aceleração (GOMES, 2008).

Os resultados pouco significativos das teorias behavioristas deram propulsão para as teorias construtivistas, também conhecidas como cognitivistas. Isso promoveu uma mudança significativa na maneira como a aprendizagem humana era vista, o que acarretou implicações extremamente relevantes para a educação em geral, sobretudo para o ensino de ciências. Com as mudanças pelas quais passaram tanto o indivíduo como o processo de ensino/aprendizagem, as metodologias passaram a ter um foco qualitativo com metas de compreender melhor a relação entre o ambiente em que está inserido o estudante, os saberes prévios que ele já tem e de que maneira ele configura novos saberes em sua estrutura cognitiva.

Na década dos anos 1980, iniciou-se um movimento chamado “movimento das estruturas alternativas” e que, depois, passou a ser denominado de “movimento das concepções alternativas” (LEITE, 1993). Atualmente, muitos dos pesquisadores têm se dedicado em investigar esse tema nas pesquisas relacionadas a aprendizagem de Física. Buscando delimitar um pouco mais, em relação à aprendizagem do conceito de mecânica clássica, cabe salientar aqui os estudos elaborados por (WATTS E ZYLBERSZTAJN 1981), (ZYLBERSZTAJN 1983), (PEDUZZI E PEDUZZI 1985), (TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1980) e (TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1981).

Escolher o conteúdo de mecânica clássica neste estudo se justifica pelo fato de ser um conteúdo no qual os estudantes elaboram ideias e explicações acerca dos fenômenos relacionados a eles mesmos, inclusive antes de chegarem à escola e, frequentemente, com significados divergentes daqueles que são dados pelos cientistas. Como foi observado nos estudos e pesquisas citados anteriormente, é possível notar que concepções alternativas relacionadas à mecânica são bastante resistentes a mudança e podem ser encontradas, às vezes, em professores (LEITE, 1993); (GOMES, 2008); (POZO e CRESPO, 2009). Como

defende Leite (1993, p. 52) “algumas concepções alternativas do domínio da mecânica parecem mesmo ser mais resistentes ao ensino do que concepções de outras áreas temáticas”. Ademais, a mecânica abarca uma grande parte dos conteúdos ensinados no ensino médio brasileiro. Incluído nos três anos, em média, desse ciclo educacional, o ensino de mecânica ocupa um ano inteiro. Os outros dois abarcam os conteúdos das outras áreas (Eletromagnetismo, Física Moderna, Óptica, Calor e Temperatura, Ondas e Fluidos). É imprescindível salientar, ainda, que um bom entendimento dos conceitos de mecânica é essencial para o estudo de quase toda totalidade da física (TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1980).

## **2.2 Concepções alternativas e o ensino/aprendizagem de física**

O momento que antecede o ingresso do indivíduo na escola é onde começa o processo de aprendizagem das ciências. Cada indivíduo, desde bastante cedo, dispense um esforço com o intuito de conquistar, de algum modo, uma explicação do mundo que o cerca. Dessa forma, a criança vai no decorrer da vida elaborando ideias e conceitos próprios acerca dos fenômenos que ela observa e experimenta, e essas ideias são chamadas de concepções alternativas (CARVALHO e TEIXEIRA, 1985); (CARVALHO, 2013); (POZO e CRESPO, 2009); (MORTIMER, 1996); (PINTÓ *et al*,1996).

*“Segundo hipóteses muito recentes e sugestivas, os bebês já dispõem a partir do nascimento, de verdadeiras ideias ou teorias sobre o mundo dos objetos e das pessoas (KARMILOFF e SMITH, 1992 apud POZO e CRESPO, 2009, p. 90).”*

Mesmo que também se costume denominá-las de concepções espontâneas, concepções errôneas, ideias erradas ou *misconceptions*, denominações que possuem uma conotação valorativa entraram em desuso, pois as explicações dos estudantes, embora não seja cientificamente aceitas, são toleradas, e mais do que isso, tido como algo onde se podem “ancorar” os novos saberes (LEITE, 1993), logo, nesse trabalho serão chamadas de concepções alternativas por serem alternativas ao saber cientificamente aceito. Dessa forma, concepções alternativas são ideias ou modelos elaborados pelos indivíduos/estudantes para que façam explicações dos fenômenos presentes no seu

cotidiano. Essas ideias, que por vezes divergem das teorias e conceitos cientificamente aceitos, passam a ser desenvolvidas desde a infância e são pautadas em observações cotidianas e nas interações do sujeito com a sociedade/ambiente que no qual está inserido. Elas existem para os mais variados fenômenos e são um grande desafio no aprendizado dos alunos, pois mudá-las é bastante difícil, dado que são fruto de influências de toda uma vida (PINTÓ *et al*,1996); (PIETROCOLA, 2001).

De acordo com Pozo e Crespo (2009), uma grande parte dessas concepções alternativas surgem a partir do esforço do sujeito em dar significado às atividades do dia a dia e são pautadas na utilização de regras de inferência, isto é, “quando faço isso acontece aquilo”, explicações causais, e dessa maneira nossa concepção do mundo começaria a ser elaborada.

*“Cada vez que enfrentamos um novo acontecimento, ou seja, algo moderadamente discrepante das nossas expectativas, iniciamos uma procura causal com a finalidade de encontrar informação que nos permita prever e controlar esse acontecimento. (POZO e CRESPO, 2009, p. 90).”*

Em face de um fenômeno no qual o sujeito não encontra explicação em sua estrutura cognitiva, ele reduz o espaço de procura através um atalho cômodo que viabiliza solução aproximada, ao contrário do que faria um cientista que faria uma análise sistemática e rigorosa de possíveis variáveis. Desse modo, essa maneira de agir acerca de algo novo, promove soluções imediatas, frequentemente acertadas, com pouco poder de generalização e com pouquíssimo esforço cognitivo, no entanto, em alguns casos, esse método conduz ao erro e às concepções alternativas (POZO e CRESPO, 2009). São enumeradas por Pozo e Crespo (2009) as regras associativas que regem a forma causal de pensar do ser humano.

- A *semelhança* entre causa e efeito ou entre a realidade que observamos e o modelo que explicaria.
- A *contiguidade espacial* e, se for possível, o contato físico entre causa e efeito.
- A *contiguidade temporal* entre causa e efeito, que devem suceder-se de modo próximo não apenas no espaço, mas também no tempo.
- A *covariação qualitativa* entre causa e efeito. As variáveis relevantes serão aquelas que ocorram sempre que se produz o efeito.

- A *covariação quantitativa* entre causa e efeito, de modo que um aumento da causa produza um aumento proporcional do efeito, e vice-versa.

Mesmo que esse processo de aprendizagem, baseado na experimentação cotidiana, envolvesse para cada indivíduo uma evolução cognitiva única, o caráter social dos conceitos, assim como a similaridade das experiências com o ambiente, são compartilhados entre as diferentes pessoas de diferentes idades e classes sociais, fazendo com que eles exibam modos de pensar comuns ou similares (LEITE, 1993); (PIETROCOLA, 2001). Isto é, as experimentações vivenciadas por pessoas diferentes são muito semelhantes, haja visto que a vida cotidiana de diferentes indivíduos em diferentes partes do mundo se parecem muito. Assim sendo, todos os habitantes do planeta experimentam os mesmos fenômenos físicos, exemplo: temperatura, luz, relâmpagos, chuva, calor, vento, movimentos, entre outros. Isso se transforma em ideias muito similares acerca dos muitos conceitos e fenômenos e, ainda, em definições e explicações muito parecidas destes. Logo, as concepções alternativas que os alunos de mesma idade e de mesmo nível de escolaridade possuem acerca de um determinado conceito são semelhantes e nem sempre cientificamente corretas, independentemente de sua cultura, classe social, etc. (WATTS e ZYLBERSZTAJN, 1981; ZYLBERSZTAJN, 1983; PEDUZZI e PEDUZZI, 1985; TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1980; TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1981; CARVALHO e TEIXEIRA, 1985). Portanto, mesmo que existam diversidades nas visões que os estudantes possuem acerca dos fenômenos físicos, existem padrões e tendências gerais de pensamento.

# Capítulo 3: Atividades Investigativas

## 3.1 Contexto histórico

Percebe-se com o passar do tempo que não só o objetivo como a metodologia no ensino de ciências tem sofrido mudanças. Na Europa e nos Estados Unidos da América, até o fim do século XIX, a ênfase do currículo escolar estava nas disciplinas de gramática e matemática, porém a ciência começava sua trajetória como importante disciplina curricular na formação das pessoas. Cientistas norte-americanos, desse período, alegavam que era possível um desenvolvimento da lógica indutiva, e nisso consistia o diferencial da ciência enquanto disciplina. (BORGES e RODRIGUES, 2008); (BATISTA, 2010); (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Observar detalhadamente o fenômeno com o intuito de criar generalizações é como se inicia a lógica indutiva. Dessa forma, os discentes necessitam tanto saber como fazer observação do mundo natural quanto elaborar conclusões com base nessas observações. Justificou-se dessa maneira o advento de novas formas de ensinar que passaram a utilizar o laboratório numa propositura de investigação. (CHALMERS, 2000 *apud* ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

John Dewey, filósofo norte-americano, foi um dos precursores desta visão educacional. Esta teve a sagacidade de fomentar, no ensinar ciências, as atividades investigativas, influenciadas sobretudo pelos pensamentos de Vygotsky e Piaget. A memorização de conteúdos era o foco do ensino estadunidense das aulas habituais no final do século XIX, segundo Dewey. Destarte, sua asserção do ensinar baseia-se num método onde o discente carrega seu próprio conhecimento de mundo adquirido durante sua vida para a sala de aula, através de cogitações que contam com a colaboração dos demais alunos e com a contribuição do professor esse conhecimento passa a ser reformulado de modo que ocorre uma aproximação com a de um cientista. (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

É apresentado por Dewey o exemplo a seguir de como o conhecimento de mundo colabora no processo de aprendizagem ao promover mudanças significativas no entendimento do aluno:

*“Uma árvore pode ser somente um objeto da experiência visual, pode passar a ser percebida de outro modo se entre ela e a pessoa se processarem outras experiências como a utilidade, aspectos medicinais, econômicos, etc. Isso fará o indivíduo perceber a árvore de modo diferente. Depois dessa experiência, o indivíduo e a árvore são diferentes do que eram antes. (DEWEY, 1980, p. 114 apud ZÔMPERO e LABURÚ, 2011, p. 70).”*

Esse método de ensino que foi proposto por Dewey passou a ser conhecido pelo termo *inquiry*. Em 1938 foi publicado um livro intitulado *Logic: The Theory of Inquiry*, neste propôs-se incluir tal metodologia desenvolvida por Dewey no ensino de ciências dos Estados Unidos da América. Para o filósofo, enfatizava-se o ensino de fatos na educação científica, sem instigar as habilidades mentais e o raciocínio. Além disso, o discente deveria ser ativo em seu processo de aprendizagem, portanto um problema deveria ser proposto por ele para que se operasse uma investigação dos fenômenos naturais ao aplicar seus conhecimentos de ciência. (BORGES e RODRIGUES, 2008; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Consequentemente, durante a metade inicial do século XX, os valores sociais - problemas referentes ao avanço industrial e da urbanização, à imigração e disformidade do setor público de saúde - tornaram-se o foco da educação. Nesse tempo o *inquiry* passou a desempenhar uma relevante função no desenvolvimento de indispensáveis habilidades para sanar problemas de pertinência social, ao contrário de somente desenvolver nos discentes as habilidades de raciocínio.

*“[...] para preparar os estudantes para a vida, a educação formal deveria dar a eles habilidades para formular questões significativas sobre os problemas sociais (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011, p.71).”*

Quando o Sputnik 1, satélite artificial soviético, foi lançado em 1957, gerou nos americanos um forte desejo de superarem os soviéticos a qualquer custo, no que ficaria conhecido como corrida espacial. Isso provocou um processo de revolução na educação americana, pois segundo os principais líderes e educadores, além dos cientistas, a educação científica estava fragilizada por causa da centralização nos aspectos sociais, o que dificultava a evolução intelectual dos discentes. Centrada no aluno, o ensino de ciências perdeu sua rigidez acadêmica. (BORGES e RODRIGUES, 2008); (BATISTA, 2010); (DEBOER, 2006 apud ZÔMPERO e LABURÚ, 2011)

Posto isso, os americanos retomaram o academicismo tradicional enfocados outra vez nos métodos de Ciências e competências de cada indivíduo, tais como: observação, classificação, inferência e controle de variáveis (BARROW, 2006 *apud* ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). As escolas passariam a ter a incumbência de treinar a disciplina intelectual e transmitir o legado cultural. Dessa forma, criticava-se a centralização do ensino de ciências no aluno, e tornava-se imprescindível o regresso à inflexibilidade disciplinar.

Devido a esse processo de mudança teoria e prática passaram a ser considerados inerentes no ensino de ciências, e os discentes necessitariam estudar o processo pelo qual os cientistas conseguiam a obtenção de seus resultados, ao contrário de recebê-los prontos, concedidos pelo professor. Destarte, o objetivo primordial deste modo de ensino passou a ser a formação de cientistas. A propositura desse ensino de ciências assemelhou-se bastante com a do século XIX, diferenciando-se apenas no fato de que, naquele período, era importante desenvolver o aspecto pessoal do discente e da nação estadunidense (DEBOER, 2006 *apud* ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Ademais, entender os métodos da ciência tornou-se possível aos alunos ao utilizar a investigação no ensino.

Desenvolveram-se projetos importantes nessa época, tais como: *Elementary Science Study*, *Biological Sciences Curriculum Study*, *Science Curriculum Study*, *Physical Science Study Committee*. Os principais líderes criam ser necessário não haver distinção entre a prática da ciência pelos cientistas e seu ensino através dos professores, assim haveria autenticidade (BORGES e RODRIGUES, 2008); (BATISTA, 2010).

Esse tipo de ensino, no qual voltava-se para a promoção de cientistas, passou a ser bastante criticado durante a década de 1970, sobretudo por idealistas construtivistas que passaram a ganhar cada vez mais força. Foi nesse momento que apareceu uma mobilização em prol de concepções alternativas, buscava-se estudar as ideias que os discentes possuíam acerca dos fenômenos naturais, e de que forma isso influenciava em seus aprendizados. A finalidade do ensino de ciências tornou-se mormente a mudança das concepções alternativas de forma a se transformarem semelhante as dos cientistas (BORGES e RODRIGUES, 2008); (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

O avanço célere desse processo de industrialização mundial gerou graves danos ao meio ambiente. Isso fez com que os aspectos sociais concernentes ao avanço tecnológico

e científico voltassem à pauta no processo de ensino de ciências. Diante desse cenário, os discentes começaram a usar as atividades investigativas como método de pesquisa dos problemas de gravidade social como o aquecimento global, a poluição das águas, a poluição do ar dentre outros. Dessa forma, entender os conteúdos, os valores das culturas, o tomar decisões concernentes ao dia a dia e à solução de problemas (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Nesse contexto, elaborou-se na América, durante a década de 1980, um documento denominado *Science For All Americans* (AAAS, 1989). Neste os autores sugeriam que o ensino científico deveria ser alinhado à natureza do investigar de ciências. Os discentes, com isso, passariam a ter a necessidade de aprender certos mecanismos como a observação, a anotação, a manipulação, a descrição, efetuar perguntas e buscar respostas para elas.

Em 1996 foram publicados os Parâmetros Curriculares Nacionais Norte-Americanos para o Ensino de Ciências ou *National Science Education Standards* (NRC). Ali foram dadas diretrizes para uma alfabetização científica, identificando o ensino através da investigação como essencial (BORGES e RODRIGUES, 2008); (BATISTA, 2010); (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Uma célere análise desse documento mostra o cuidado em estimular um ensino científico através da investigação naquela nação. No meio dessas diretrizes contidas nesse documento, cabe salientar diretrizes para os campos das ciências da natureza e suas confluências (Conceitos Unificadores, Ciências Físicas, Ciências Biológicas, Ciências da Terra e do Espaço); diretrizes que procuravam associar as ciências naturais com seus aspectos socioculturais ou debates provenientes das ciências humanas (Ciências sob a perspectiva pessoal e social, Ciência e Tecnologia, História e Natureza da Ciência); diretrizes especificamente voltadas para o ensino científico através do investigar. O desenvolvimento de habilidades para investigar cientificamente e melhorar a compreensão acerca delas era o objetivo das últimas diretrizes ao nortear o professor (MUNFORD e LIMA, 2007); (BORGES e RODRIGUES, 2008).

Elaborou-se em 2000 outro documento na América denominado *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, teve o

cuidado de conduzir ao professor táticas para ensinar através da investigação nas salas de aula (MUNFORD e LIMA, 2007).

No Brasil, o impacto produzido por esses diversos processos de ensino ocorreu de forma lenta e gradativa. Na década de 1960, os elementos produzidos pelos projetos americanos supracitados passaram a ser usado em território brasileiro. As bases do ensino de ciências manifesto nos atuais projetos em português foram sedimentados através das traduções desses projetos estadunidenses (BORGES e RODRIGUES, 2008). No entanto, apenas em 1997 o ensino que envolvia as atividades de investigação passou a fazer parte dos Parâmetros Curriculares Nacionais. No Brasil, esse processo de ensino ainda não está sedimentado (SÁ *et al*, 2007 *apud* ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Segundo Borges (2002), um esclarecimento disso se dá em virtude da falta de segurança por parte dos profissionais brasileiros, e também da falta de incentivos em realizá-las.

*“Curiosamente, várias das escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados, dentre às quais cabe mencionar o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção (BORGES, 2002, p. 294).”*

Além disso, há ainda a problemática de o ensino científico no Brasil estar direcionado para provas de variadas naturezas, tais como: Enem, vestibulares e outros. Outro fator que dificulta esse desenvolvimento de aulas experimentais em laboratórios é a excessiva carga de trabalho a que estão sujeitos os professores brasileiros, que em muitos casos chegam a mais de cinquenta horas semanais de trabalho. Há professores que tentam, em muitos casos, se disporem a lutar contra esses percalços com aulas práticas improvisadas, às vezes até mesmo com materiais trazidos de casa, porém se enfadam dessa difícil tarefa, sobretudo por causa dos resultados ruins que são obtidos (BORGES, 2002). Outro fator que alegam os professores é o gerenciamento problemático das turmas, insuficiência nos resultados das tarefas demandadas, materiais e equipamentos que apresentam problemas, incertezas acerca do que fazer para que os planejamentos com as investigações funcionem e falta de segurança em enfrentar e discutir/interpretar corretamente os experimentos que os discentes propõem (BORGES e RODRIGUES, 2008). Situação que não difere quando os professores são questionados acerca do porquê

não utilizarem atividades de campo e o laboratório em suas aulas de ciências (BORGES, 2002).

Em suma, a realidade vivida no Brasil é a que não há ainda uma prática uniforme das atividades investigativas, embora haja atualmente um certo avanço no tema por meio de um movimento em prol de sua utilização.

## **3.2 As atividades investigativas, as teorias de Vygotsky e Piaget**

A produção de conhecimento tem crescido significativamente no período em que vivemos atualmente, tornando impraticável o ensino de tudo às pessoas. Isto conduziu, e ainda tem conduzido a inúmeras discussões acerca da importância de se prezar pela qualidade do ensino em detrimento da quantidade. Nessa circunstância, o ensino científico devia passar por uma reformulação para se adaptar à nova realidade.

As mudanças desenvolvidas no ensino foram influenciadas por diversos trabalhos. No entanto, foi o epistemólogo Piaget e sua equipe que mais se destacaram durante esse processo através de suas pesquisas e teorias. O psicólogo Vygotsky e seus discípulos também contribuíram significativamente neste tema (CARVALHO, 2013).

A maneira como é construída o conhecimento dos indivíduos foi o que buscou compreender Piaget. Crianças e adolescente que haviam sido entrevistados se tornaram a base de dados analisadas pelo epistemólogo (CARVALHO, 2013).

Os fenômenos que cercam os indivíduos são explicados através de concepções alternativas ao longo de suas vidas, segundo a percepção de Piaget, e são persistentes tais explicações. A propositura de um problema central a ser solucionado foi a maneira que o epistemólogo adotou para tentar mudar essa forma de pensar.

*“Ao trazer esse conhecimento para o ensino em sala de aula, esse fato - propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo vai ser o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento [...]. Ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais a de expor, mas de orientar*

*e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento (CARVALHO, 2013, p.2).”*

Equilibração, desequilibração e reequilibração foram os dispositivos utilizados por Piaget para poder explicar a construção do conhecimento (CARVALHO, 2013). As pessoas exercem uma interação com o mundo por meio de esquemas mentais, a título de exemplo, quando se pesa uma quantidade a mente utiliza o esquema “pesar” para absorver a situação. Nota-se que o esquema pesar não muda, Piaget denominou esse processo de assimilação (MOREIRA, 1999). Quando a pessoa não possui um esquema prévio ela acaba atuando da seguinte forma, ou se modifica ou desiste. Na escolha da pessoa por se modificar, ocorre a acomodação. Esta é o momento no qual os indivíduos geram novos esquemas de absorção expandindo seus conhecimentos, depois da acomodação o sistema cognitivo da pessoa volta a condição de equilíbrio, isto se denomina Equilibração (MOREIRA, 1999).

Dessa forma, percebemos que segundo Piaget o processo de aprendizagem ocorre no momento em que a mente expande seus esquemas de assimilação, e esta é obtida por meio da acomodação.

*“[...] de acordo com Piaget, só há aprendizagem quando há acomodação, ou seja, uma reestruturação da estrutura cognitiva (esquemas de assimilação existentes) do indivíduo, que resulta em novos esquemas de assimilação. (MOREIRA, 1999, p. 102).”*

Quando as experiências inassimiláveis rompem o equilíbrio, acontece a desequilibração, isso força o organismo a se reestruturar, ou seja, ocorre a reequilibração. Essa teoria implica no ensino de maneira significativa, pois se tornou necessário gerar todo um processo de desequilíbrio nos discentes para que este pudessem buscar o reequilíbrio, isto é, aprender através de uma reestruturação cognitiva (MOREIRA, 1999).

Dessa forma, os alunos passam a perceber a incoerência ou insuficiência em suas tentativas de solução dos problemas propostos no começo do processo de ensino através de suas próprias concepções alternativas. Eles têm seus conhecimentos desequilibrados. Nesse momento, o professor leva o aluno a pensar de outra maneira na resolução dos problemas, e é nesse ponto que o aluno constrói o novo conhecimento. Esse processo se chama reequilibração.

Levando em consideração esse processo de desequilíbrio e reequilíbrio, nota-se que Piaget demonstra em sua teoria que para ocorrer um novo conhecimento é imprescindível um anterior, que seria sua origem. Essa ideia se tornou a base para todas as teorias construtivistas de aprendizagem e mudou completamente o planejamento do ensino, pois não seria possível começar qualquer aula sem antes resgatar o conhecimento prévio do aluno ou a maneira como entende as proposituras feitas pelo professor (CARVALHO, 2013).

De acordo com Carvalho (2013), o ensino e a aprendizagem na escola devem atender importantes condições que não podem deixar de serem seguidas no decorrer da reequilíbrio.

Inicialmente salienta-se a relevância do caminho feito da ação manipulativa para a intelectual, sobretudo quando crianças e jovens desenvolvem atividades. Depois, a relevância de “tomar consciência de suas práticas nessas ações”. Isto é, em tal caso, é imprescindível que a propositura do problema venha acompanhada de uma atividade lúdica, um experimento ou simples texto. O professor deve ajudar nesse caminho feito da ação manipulativa para a edificação intelectual do conteúdo. A consciência das práticas dos alunos no decorrer das atividades e das causas que conduziram aos resultados obtidos é tomada através de questionamentos feitos pelo professor enquanto guia os alunos na edificação do conhecimento científico que é aceito.

A importância do erro deverá ser destacada pelo professor durante essa etapa. No decorrer da resolução do problema os discentes colocam à prova suas concepções alternativas e possivelmente falham, depois de refletirem sobre suas falhas, reiniciam o processo de outra forma na resolução do problema e seguem testando até que o êxito seja obtido. O potencial da falha superada pelo raciocínio dos próprios alunos tem um enorme potencial de educá-los quando superam suas falhas (CARVALHO, 2013).

A maneira como ocorre a obtenção do conhecimento de uma pessoa é o que analisa Piaget, porém sem levar em consideração a interação desse indivíduo com a sociedade. Apesar de sua teoria ser bastante utilizada em um cenário escolar, o epistemólogo se concentrava no desenvolvimento cognitivo sem se preocupar com as interações sociais. É nesse contexto, no processo de edificação do conhecimento, que se torna necessário levar em conta os saberes desenvolvidos por Vygotsky.

Vygotsky em sua teoria expõe que é através da interação de um indivíduo com outras pessoas e com a sociedade na qual está inserido que se aprende muito, “surtem de processos sociais as mais elevadas funções mentais do indivíduo” (VYGOSTSKY *apud* WILSEK e TOSIN, 2012).

*“Diferentemente de Piaget, que supõe a equilibração como um princípio básico para explicar o desenvolvimento cognitivo, Lev Vygotsky (1896-1934) parte da premissa que esse desenvolvimento não pode ser entendido sem referência ao contexto social e cultural no qual ele ocorre. Quer dizer, o desenvolvimento cognitivo não ocorre independentemente do contexto social, histórico e cultural (MOREIRA, 1999, p. 109).”*

De acordo com Vygotsky, o processo de aprendizagem, denominado por ele de processos mentais superiores, surge a partir de processos sociais e, dessa forma, a cognição do discente se desenvolve por meio do convívio social. Isto é, o discente não conquista sua socialização através do desenvolvimento cognitivo, este ocorre justamente por meio das interações sociais (MOREIRA, 1999; WILSEK e TOSIN, 2012; CARVALHO, 2013).

A interação social destacada por Moreira (1999) fica evidente ao nos dar um exemplo de uma criança na tentativa de pegar algum objeto. Nessa tentativa, a criança aponta para o objeto, e isso nada mais significa a intenção de pegá-lo. No entanto, ao ver esse gesto (interação social), alguém ou ajuda a criança a pegar o objeto ou o pega para ela, então esse gesto passa ter um novo significado. A criança aprende, por meio da interação social, o significado, compartilha socialmente, o significado do apontar.

*“[...] Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 1999, p. 121).”*

Essa interação no contexto escolar entre aluno-aluno e aluno-professor ganha grande relevância na teoria de Vygotsky. Este define o intervalo entre o conhecimento já consolidado nos discentes, que é o “nível de desenvolvimento real”, e o conhecimento que os discentes podem adquirir através da ajuda de um colega ou do professor, que é o “nível de desenvolvimento potencial”.

*“A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. É uma medida do potencial de aprendizagem, representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre, é dinâmica, está constantemente mudando (MOREIRA, 1999, p. 116).”*

A ampliação do “nível de desenvolvimento real” dos discentes, de acordo com Vygotsky (MOREIRA, 1999; WILSEK e TOSIN, 2012; CARVALHO, 2013), é o objetivo do processo de aprendizagem. Dessa forma, uma boa tática de trabalho é a de grupo, uma vez que, agrupados na interação professor-aluno ou aluno-aluno, podem desenvolver seus conhecimentos através da colaboração de uns com os outros, chegando no “nível de desenvolvimento real” a partir do “nível de desenvolvimento potencial”. Logo, é essencial que seja favorecida a discussão entre os integrantes do grupo, para que se possa alcançar os resultados esperados através dela. De forma alguma poderá ser o trabalho dividido em partes a serem feitas de maneira individual por cada integrante do grupo. Sobre isso, Carvalho (2013) alega que, é mais fácil para os alunos se entenderem por estarem na mesma zona de evolução real. Destarte, para a autora, construir o conhecimento a partir dos próprios alunos pode ser feito através do trabalho em grupo, porém não se pode usar apenas uma soma dos trabalhos individuais feitos por cada integrante do grupo.

Se o ensino científico for o objetivo do professor, ele deve proporcionar aos discentes um ambiente de atividades intelectuais ativas que os abarque, arranjar grupos participativos e propiciar entre eles o intercâmbio (CARVALHO *et al.*, 1998).

Ideias coincidentes com o exposto anteriormente foram apresentadas por outro importante pesquisador, Bachelard (1938 *apud* CARVALHO *et al.*, 1998, p. 156; AZEVEDO, 2006, p. 12 e CARVALHO, 2013, p. 6), que propõe que todo conhecimento é a resolução de uma indagação.

*“Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros [...] não reflitam sobre o fato de que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: trata-se, assim, não de adquirir uma cultura experimental, e sim mais precisamente de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1938 *apud* CARVALHO, 2013, p. 6 e CARVALHO *et al.*, 1998, p. 156).”*

Entretanto, não pode ser qualquer indagação. Ela deve ser apresentada no nível do compreender, desenvolver e conhecer dos discentes, para que eles sejam capazes de realizar a atividade. Além do mais, do seu cotidiano deve fazer parte, para que haja motivação para resolvê-la e deve, além disso, conceder aos alunos a exploração das concepções alternativas. De acordo com Bachelard:

*“Se tivermos como objetivo um planejamento e uma proposta de ensino por investigação, não podemos utilizar o título problema inadequadamente. Da forma em que aparece nos livros didáticos, no item "problemas" encontramos normalmente exercícios de aplicação com "uma tendência ao operacionalismo (típico de exercícios repetitivos)", e não "investigação que suponha a ocasião de aplicar a metodologia científica". Em um curso de Física, torna-se de fundamental importância apresentar aos alunos problemas para serem resolvidos, pois essa é a realidade dos trabalhos científicos em todo mundo (BACHELARD, 1938 apud AZEVEDO, 2006, p. 19).”*

Em suma, é difícil tarefa querer provocar nas concepções alternativas dos discentes um avanço conceitual. Logo, parece bastante razoável o que propõe Bachelard, isso porque os discentes podem seguir um plano de ensino no qual serão forçados a pensar na maneira de resolver um problema, testando hipóteses levantadas. Crê-se que esse método de trabalho poderá permutar os experimentos tradicionais realizados, pré-definidos, no qual a função dos discentes no experimentos é exclusivamente ser um “coletor de medidas”.

### **3.3 O ensino de física e as atividades investigativas**

A possibilidade de testar as hipóteses dos alunos através de atividades é imprescindível ao se planejar um curso de física, se seguirmos as teorias e ideias até aqui expostas. A verificação da ação de importantes variáveis para os conceitos analisados, debates em grupo e, a utilização de conhecimentos teóricos e matemáticos, são necessários para a justificação dos resultados obtidos. Isto é, a inclusão de atividades com aspectos de investigação científica no planejamento. No entanto, não é fácil tentar a aproximação do ensino científico com a ciência praticada no laboratório. De acordo com Munford e Lima (2007), há algumas particularidades que não podem deixar de serem levadas em consideração. Em primeiro lugar, é essencial refletir acerca dos objetivos. O objetivo escolar primordial é a promoção do aprendizado de um saber científico já alicerçado, ao passo que, em contrapartida, o objetivo primordial da ciência acadêmica é a produção de novos saberes científicos. Em segundo lugar, de acordo com as autoras, não se pode esquecer as discrepâncias entre os espaços utilizados pelos cientistas, laboratórios equipados com os melhores instrumentos de trabalho e aporte tecnológico, e aqueles usados pelos professores e alunos, em sala de aula e nos laboratórios das escolas. Além disso, deve-se levar em consideração outro problema que é a diferença entre as equipes de trabalho no processo de atividades investigativas, pois os cientistas possuem

um arcabouço teórico e experiências com pesquisas superiores àquelas desempenhadas pelos alunos nas escolas (MUNFORD e LIMA, 2007).

Proposta: A motivação dos alunos pode ser favorecida ao perceberem o laboratório como espaço de investigação segundo Lewin e Lomascólo (1998, *apud* AZEVEDO, 2006). A razão disso é que os alunos poderão formular hipóteses, realizar experimentos, coletar dados e analisar resultados, o que contribuirá para a aquisição de práticas manuais, interesses, desejo de experimentar e o fundamental, os alunos passarão a questionar certas afirmações, confrontar resultados, e obter profundas mudanças no método e nas atitudes.

Investigações realizadas no tocante ao ensino/aprendizagem de ciências indicam que os alunos de todos os graus aprendem facilmente quando subordinados a um método baseado na investigação científica, semelhante àquelas realizadas em laboratórios científicos (CARVALHO, 1992; CARVALHO *et al.*, 1998; AZEVEDO, 2006; MUNFORD e LIMA, 2007; CARVALHO, 2013).

*“Os trabalhos de pesquisa em ensino mostram que os estudantes aprendem mais sobre a ciência e desenvolvem melhor seus conhecimentos conceituais quando participam de investigações científicas, semelhantes às feitas nos laboratórios de pesquisas (AZEVEDO, 2006, p.19).”*

Seguindo na mesma direção, Munford e Lima (2007) expõem não ser possível criar um distanciamento entre o saber ensinado na escola do utilizado pelos cientistas.

*“De acordo com esse argumento, seria impossível compreender, de fato, um conceito científico como, por exemplo, seleção natural, de forma desvinculada da investigação de problemas autênticos como aqueles examinados por biólogos evolutivos, inclusive Darwin. Afinal, o conhecimento não seria apenas sensível ao contexto de aprendizagem ou origem, mas verdadeiramente dependente desse contexto (MUNFORD e LIMA, 2007, p. 77).”*

De acordo com Azevedo (2006), o nosso interesse e garra em solucionar problemas é o que impulsiona o ensino através da investigação, envolvido em processos mentais, o que determina o aprendizado de conceitos científicos. Segundo ela, é imprescindível haver um problema nas atividades investigativas, proposto ou não pelo professor, e que os métodos utilizados pelos alunos sejam planejados e refletidos na resolução desse problema.

### **3.3.1 Tipos de atividades investigativas**

Ao ensinar ciência a uma turma pode-se utilizar diversas atividades investigativas. No âmbito do ensino de física, no qual se arquiteta este trabalho, serão apresentados alguns tipos de atividades propostas por Carvalho (2013).

#### **3.3.1.1 Atividade Experimental Investigativa:**

O espaço para essa atividade poderá ser o laboratório da escola ou algum espaço propício para que um problema seja colocado pelo professor para os alunos, estes deverão, em primeiro lugar, manipular um instrumento experimental montado ou não previamente pelo professor, em segundo lugar, com o professor distante, os alunos deverão por conta própria levantar hipóteses e testá-las, refletir as análises entre si, até que obtenham o resultado da "ação manipulativa".

À vista disso, o professor deverá, através de questionamentos, conduzir os alunos a debaterem em equipes o “como” e o “por que” foi resolvido o problema. Essa etapa é o processo de transição da “ação manipulativa” para a “ação intelectual” (CARVALHO, 2013). A sistematização do saber científico se estabelece nessa etapa, e, também, na qual os discentes, em suas investidas de explicação do “o que” e do “por que”, obtiveram a resolução do problema, “aprendem a falar ciência” (CARVALHO, 2013).

Por fim, os alunos são colocados diante de atividades que proporcionem, individualmente, um aprendizado mais consistente. Pode-se propor atividades de escrita ou desenho acerca do que fora debatido na etapa anterior. Com isso, ocorre a sistematização individual do saber científico e uma atividade complementar ao debate é a escrita, pois o uso desta se mostra como ferramenta “que realça a arquitetura individual do conhecimento” (Oliveira e Carvalho, 2005).

#### **3.3.1.2 Demonstração Investigativa:**

Similar à atividade anterior, este tipo de atividade investigativa difere apenas pelo fato de ser realizada pelo professor por causa dos perigos envolvidos durante sua execução, tais como: risco de eletrocussão ou de queimaduras. No entanto, o professor deve realizar questionamentos que possibilitem o levantamento de hipóteses a serem

testadas, questões do tipo “o que vocês crêm ser melhor fazer nessa etapa?”, após as sugestões de soluções feitas pelos alunos, o professor as realiza.

Resolver o problema não é a última etapa dessa atividade. É imprescindível chegar a “ação intelectual” através da “ação manipulativa”, isso ocorre com o levantamento de questões do tipo “o que foi preciso fazer para que o problema fosse resolvido? ”, “por que fazer dessa maneira deu certo? ”, então o professor realiza a sistematização do saber tanto em equipe quanto individualmente (CARVALHO, 2013).

### **3.3.1.3 Problemas Não-Experimentais Investigativos:**

De acordo com Carvalho (2013), esses tipos de atividades são recomendadas para o ensino fundamental, pois os discentes ainda não possuem habilidades suficientes para lidar com as atividades experimentais. O professor deverá solicitar aos alunos que tragam de suas casas recortes de imagens de revistas e/ou jornais, ou informações de sites indicados, além de reportagens ou notícias, ou, ainda, podem trabalhar com textos entregues pelo professor, para que os alunos possam buscar respostas para o problema proposto pelo professor. Tanto o texto quanto o problema deverão promover ao discente o levantamento de hipóteses e testar suas concepções alternativas para que se possa construir conceitos.

Manipular as figuras no sentido de buscar respostas para o problema pode ser classificada como um tipo de ação manipulativa. Nesse momento, em grupos pequenos, os discentes levantam e testam as hipóteses. Discutir em grupos, resolver questionários individuais e/ou escrever textos contendo explicações do “por que” e do “como” obtiveram os resultados são maneiras de se passar da ação manipulativa para a intelectual.

Fazer a introdução dos discentes em outras linguagens das ciências, como gráficos e tabelas, é um dos objetivos que se pode alcançar através desse tipo de atividade. Analisar as informações técnicas contidas em manuais de aparelhos eletroeletrônicos é um exemplo de como essa atividade investigativa não experimental pode ser desenvolvida junto aos alunos. O objetivo nesse tipo de atividade é fazer com que os discentes possam traduzir, em linguagem oral, os conceitos da linguagem matemática ou gráfica. Devem ser voltadas a esse objetivo, na etapa da sistematização do conhecimento, as perguntas “por quê” e “como”.

Azevedo (2006) propõe para o ensino médio e superior dois tipos de atividades não experimentais: Problemas abertos e Questões abertas.

Nas atividades de questões abertas, os alunos são colocados diante de situações referentes ao cotidiano no qual devem buscar explicações para as questões propostas com base nos conceitos apresentados em sala de aula. Nesse tipo de atividade a matemática não é tão necessária, mas sim a utilização dos conceitos para entendimento de fenômenos envolvidos nas habilidades/competências que o discente necessita atestar para que possa alcançar o resultado aguardado. Além disso há a seleção e organização de informações para lidar com situações-problema e a organização de informações e conhecimentos possíveis para a arquitetura de argumentações sólidas.

O professor poderá executar essa atividade em grupo ou individualmente, durante as aulas cotidianas ou em momentos de provas, bem como pode ser colocada como um obstáculo para a turma. No entanto, caso o professor opte por realizar a atividade em grupo, é imprescindível que seja feito um registro redigido das soluções apresentadas durante a execução da mesma, para que as discussões que já foram executadas sejam organizadas na memória (AZEVEDO, 2006).

Nas atividades de problemas expostos temos a mesma maneira de trabalhar que se encontra na anterior, exceto que a matemática se torna imprescindível para a completa/correta solução dos problemas expostos.

A maneira como os discentes devem buscar a resolução de um problema proposto pelo professor deverá ser debatida de maneira qualitativa. É importante a busca e elaboração de hipóteses a serem testadas, bem como a aplicação de conceitos para o entendimento de fenômenos. Ademais, os alunos devem fazer a identificação de situações de contorno e fronteiras matemáticas de suas hipóteses e procurar por variáveis externas que pesam nos resultados. Portanto, os discentes solucionam o problema de maneira qualitativa e quantitativa. De acordo com Einstein:

*“Nenhum cientista pensa com fórmulas. Antes que o cientista comece a calcular, deve ter em seu cérebro o desenvolvimento de seus raciocínios. Estes últimos, na maioria dos casos, podem ser expostos com palavras simples. Os cálculos e as fórmulas constituem o passo seguinte (EINSTEIN apud AZEVEDO, 2006, p. 31).”*

O professor deve levar em consideração, no momento da elaboração de seu planejamento, o fato de que esse tipo de atividade demanda muito tempo para que possa ser desenvolvida completamente, por isso ele deverá manter em mente a quantidade de aulas e alunos que terá e quantas destas atividades serão necessárias para a execução do trabalho.

### **3.3.2 O aprendizado de física e as contribuições das atividades investigativas**

Aulas expositivas têm sido a maneira como se realiza o ensino científico (física, química e biologia). Dessa forma, sob uma perspectiva equivocada de que a ciência é realizada apenas por indivíduos especialmente inteligentes, os conteúdos são ensinados para os alunos de modo pronto e acabado. Os conteúdos vistos na teoria são atestados quando os alunos vão ao laboratório, lugar onde se faz experimentos que seguem um roteiro fechado na maioria das vezes. Todos sabem dos resultados antes mesmo do começo do experimento, afinal a meta está no fato de se conseguir reproduzir valores tabelados nos livros ou em apostilas. Não há chance de os alunos edificarem suas próprias hipóteses, e nem como se posicionarem de forma crítica diante dos resultados obtidos. Como expõem Munford e Lima (2007):

*“Em tal modelo de ensino, poucas são as oportunidades de se realizar investigações e de argumentar acerca dos temas e fenômenos em estudo. O resultado é que estudantes não aprendem conteúdos das Ciências e constroem representações inadequadas sobre a ciência como empreendimento cultural e social (MUNFORD e LIMA, 2007, p.2).”*

Distantes do cenário que lhes originou, os conceitos apresentados nas aulas teóricas são expostos de maneira abstrata. Um rompimento surge a partir desse distanciamento entre o saber que é assimilado, em sala de aula, e aquele que é assimilado e aplicado pelos cientistas (MUNFORD e LIMA, 2007). Estas autoras retratam as atividades dos discentes como focadas na manipulação de símbolos e na solução de problemas bem colocados, gerando significados permanentes e conceitos que nunca mudam.

O Ensino de Ciências por Investigação sugere em sua pretensão que as aulas de ciências possuam alternativas em suas aplicações, divergentes das tradicionais nas quais o professor expõe todo conhecimento em forma de explicações ou anotações no quadro e

os discentes fazem anotações de tudo que é apresentado pelo professor acerca de um tópico escolhido (MUNFORD e LIMA, 2007). O discente assume o papel de ouvinte, nesse caso. Propõe-se uma aproximação da maneira como o ensino é executado na sala de aula com a que é fabricada pelos cientistas.

Um característica inata do ser humano é ser curioso, isso faz parte da essência de todos nós. Os autores até aqui apresentados convergem na mesma direção que aponta a curiosidade e a investigação como fator determinantes para o desenvolvimento em todas as atividades humanas. Dessa forma, o ensino de ciências através da investigação seria a forma mais “natural”, autêntica e fácil de se ensinar ciências.

Salienta-se como contribuição de propostas de ensino investigativo que este incentiva o questionamento, o planejamento, o levantamento de mostras, as explicações baseadas nas mostras e a comunicação. Ademais, faz uso de processos da investigação científica e saberes científicos. O que pode ajudar os discentes a se instruírem nos atos de fazer ciência (AZEVEDO, 2006). Segundo Azevedo (2006) e Batista (2010), ao se desenvolver as atividades, os discentes têm a chance de levantar hipóteses e, com isso, a chance de negociarem entre si. São envolvidas nessa negociação: a argumentação, a divulgação dos resultados, o compartilhamento de ideias, o intercâmbio de exemplos e o aceitação por parte dos pares de que aquele saber é válido. Esse processo é imprescindível para o desenvolvimento dos alunos e para conduzi-los para a compreensão da importância de como se arquiteta o conhecimento científico

Sobre isso, Freire (2009) *apud* Batista (2010) também constata que “o uso de atividades de investigação podem ajudar os alunos a aprender ciência, a fazer ciência e sobre ciência” (BATISTA, 2010, p.91).

Os discentes têm no ensino por investigação uma chance de construir novas concepções a partir de conhecimentos prévios. Portanto, o ponto de partida para um ensino por investigação que estimule o envolvimento dos discentes e colabore com o aumento de seus conhecimentos é a descoberta do que eles conhecem acerca do conceito a ser estudado e utilizar isso para iniciar as investigações (BATISTA, 2010).

O cerne deste trabalho são as sequências de ensino investigativas (SEIs) nas aulas de física. A autonomia do aluno é uma das contribuições que uma sequência de ensino

investigativa (SEI) produz, visto que oportuniza ao aluno a emancipação no “pensar e agir”, o que ajuda no desenvolvimento da sua autonomia (CARVALHO *et al.*, 1998). Esse tipo de atividade proporciona, também, a possibilidade de o discente testar suas concepções alternativas possibilitando ao professor a criação de um conflito cognitivo. Carvalho (1992) estabelece que o confronto entre os resultados alcançados no experimento e as concepções alternativas dos alunos se denomina conflito cognitivo. Destarte, os discentes podem perceber o quão distante estão suas concepções alternativas dos conceitos cientificamente aceitos, isso se dá através de pressupostos essenciais para uma atividade investigativa como a observação e a ação. Desse modo, inicia-se o processo de reconstrução do saber.

Uma outra contribuição de uma SEI é promover a atuação do discente de maneira que este produza seu conhecimento através da interação entre sentir, pensar e fazer. De acordo com Azevedo (2006):

*“[...] a solução de problemas pode ser, portanto, um instrumento importante no desenvolvimento de habilidades e capacidades, como: raciocínio, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação. Além do conhecimento de fatos e conceitos, adquirido nesse processo, há a aprendizagem de outros conteúdos: atitudes, valores e normas que favorecem a aprendizagem de fatos e conceitos. Não podemos esquecer que, se pretendemos a construção de um conhecimento, o processo é tão importante quanto o produto (AZEVEDO, 2006, p.22).”*

A ciência se constrói através de um dinâmico processo de investigação, isso se torna perceptível aos alunos quando uma atividade científica real é aproximada de uma atividade investigativa. O pesquisador levanta uma hipótese e testa-a, mas não com a forma fechada e única de um “método científico”, como um encadeamento lógico e rígido, com passos previamente definidos que devem ser executados.

Dessa maneira o discente pensa que a ciência está fechada a questionamentos, gerada a partir da observação. Gil e Castro (1996 *apud* AZEVEDO, 2006) apresentam alguns aspectos que são capazes de exploração em uma atividade investigativa e que coincidem com a atividade científica. São eles:

1. A apresentação de eventos problemáticos discutíveis;

2. O favorecimento de reflexão dos discentes acerca da magnitude e a possível estima das situações promovidas;
3. A potencialização de análises qualitativas significativas, que colaborem na compreensão e acatamento dos eventos planejados e a formulação de questões operativas acerca do que se busca;
4. A consideração do elaborar hipóteses como atividade fundamental da investigação científica, esse processo é eficaz na orientação da administração das situações e torna explícitas as preconcepções dos discentes;
5. A consideração das análises, com cautela nos resultados (sua interpretação física, confiabilidade etc.), segundo o saber disponível, das hipóteses gerenciadas e dos resultados dos demais grupos de alunos;
6. A concessão para o valor único das memórias científicas que ponderem o trabalho executado e salientem a função da comunicação e da discussão na atividade científica.
7. A colocação em evidência da dimensão coletiva do trabalho científico, através de equipes de trabalho, que colaborem entre si.

Pode-se resumir em cinco grupos, segundo Blosser (1988) *apud* Azevedo (2006), os objetivos que uma atividade investigativa, como uma SEI, possuem:

- I. O desenvolvimento de habilidades de manipulação, questionamento, investigação, organização e comunicação;
- II. A conceituação de ideias como hipótese, modelo teórico, categoria taxonômica, entre outras;
- III. O desenvolvimento de habilidades cognitivas de criticidade, de resoluções de problemas, de aplicação e de síntese;
- IV. A compreensão da natureza da ciência como um empreendimento científico, que abrange tanto cientistas quanto seus trabalhos, notando a multiplicidade de métodos científicos que existem, tendo a capacidade de fazer inter-relações entre tecnologia e ciência e várias disciplinas científicas;
- V. O desenvolvimento de atitudes típicas de um investigador, como: interesse, perseverança, curiosidade, colaboração, objetividade, satisfação, consenso e precisão, além de gostar de ciências e saber correr riscos.

Em suma, pode-se dizer que a criticidade dos alunos é incentivada pela propositura do ensino investigativo, sobretudo a experimental, visto que eles notam que suas concepções alternativas não coincidem com os resultados obtidos. Em contrapartida, o discente deve seguir instruções (de um professor ou de um manual), em um laboratório, sobre as quais não exerce, nesta pesquisa, nenhum poder de decisão, com isso se torna somente um “coletor de dados” (AZEVEDO, 2006). Deve chegar a uma meta estabelecida previamente ao seguir uma série de etapas propostas, sendo incapaz de poder levantar e testar qualquer hipótese, além disso não tem um momento no qual possa discutir com o professor e ne, com uma equipe. As observações servem somente para a confirmação daquilo que está contido na teoria.

# Capítulo 4: Metodologia

## 4.1 Planejamento e realização das atividades

No planejamento das atividades de laboratório executadas neste trabalho seguiu-se o modelo de Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), isto é, sequências de atividades arquitetadas de maneira a promover situações nas quais os alunos possam demonstrar suas concepções alternativas, desenvolvam seu saber rumo ao conhecimento científico a partir de ideias que sejam discutidas em sala de aula com o professor e os demais colegas.

Realizaram-se as atividades com alunos do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Sólton de Lucena, no primeiro semestre de 2018, no laboratório de Física. Participaram de maneira voluntária, no contraturno de suas aulas, dezoito alunos com quinze anos de idade na média, sendo quatorze do sexo masculino e quatro do feminino.

No momento anterior à execução das atividades, preservando-se o respeito pelas questões éticas da pesquisa, os alunos receberam um termo de consentimento de participação que deveria ser assinado pelos responsáveis (Anexo 1). Aos responsáveis, esse termo elucidou que os alunos voluntários participariam de uma pesquisa destinada ao ensino de física e que as aulas, executadas em laboratório, seriam documentadas em forma de vídeo. Foi salientada, também, a preservação da identidade dos alunos na pesquisa ou publicação, quer fosse em forma de artigo ou de livro, e o aluno que optasse por desistir da pesquisa poderia fazê-lo a qualquer momento durante sua execução.

Após o estudo do conteúdo de cinemática, no primeiro semestre, é que se executaram estas atividades com os alunos. Estes tinham três aulas definidas ao longo da semana e nenhuma em laboratório.

Dividiu-se a SEI em cinco etapas pedagógicas: (i) apresentação das concepções alternativas dos alunos acerca do conceito de velocidade; (ii) abordagem do conceito de velocidade por meio de sequência de atividades experimentais investigativas e teste das concepções alternativas dos estudantes; (iii) debate acerca dos resultados obtidos de cada atividade experimental; (iv) sistematização do conhecimento por escrito dos alunos; (v) conscientização da evolução conceitual.

Em primeiro lugar, sobre o item (i), formulou-se um questionário discursivo com três questões que tratavam de circunstâncias do dia-a-dia abarcando a compreensão do conceito de velocidade. Baseando-se no conceito de velocidade exposto pela física, os alunos poderiam entendê-la como:

- a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo durante o qual o deslocamento ocorre (velocidade média);
- a razão entre a distância total percorrida e/ou espaço percorrido o intervalo de tempo gasto para realizar o percurso (velocidade escalar média);
- a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo durante o qual o deslocamento ocorre, quando o intervalo de tempo tende a zero (velocidade instantânea);

Dado que o objetivo maior era o acesso às concepções alternativas, elaborou-se um questionário com seis questões discursivas. Estas foram formuladas a partir das concepções propostas pela literatura (LEITE, 1993). Aplicou-se esse questionário como pré-teste em uma turma de dezenove alunos do 3º ano do Ensino Médio, isto é, estudantes com grau de instrução e idade superiores aos participantes-alvo da pesquisa. Com base nos resultados obtidos do pré-teste se tornou viável fazer uma avaliação do nível e clareza das figuras e questões, o entendimento destas pelos estudantes, o tempo despendido para respondê-las e as concepções alternativas mais recorrentes. Tornou-se possível, também, uma validação das questões e um ajuste do questionário no momento anterior à sua aplicação na turma alvo. Exemplos disso foram a redução de seis para três questões e a modificação de figuras, dentre outros ajustes.

Foram disponibilizadas três horas no contraturno, para que os dezoito estudantes que assinaram o termo de consentimento respondessem o questionário revisado (Anexo 2), usado como forma de diagnóstico. Elaborou-se três tipos de atividades experimentais investigativas a partir das respostas que o diagnóstico apresentou. Tais atividades buscaram determinar a concepção alternativa mais recorrente entre os alunos: no instante em que se cruzam, dois objetos têm a mesma velocidade porque se encontram ao mesmo tempo na mesma posição. Essas atividades ainda sofreram um processo de pré-testagem, aplicado aos dezoito alunos do 1º ano do Ensino Médio.

A falta de materiais de apoio como câmeras de vídeo, microfones de lapela, auxiliar de laboratório e número de kits que suportassem a formação de grupos com somente três alunos inviabilizou a realização das atividades com todos os alunos simultaneamente em um contexto de uma pesquisa. Ademais, haveria dificuldades para que o pesquisador pudesse observar tanto as reações como as argumentações de todos os estudantes. Por essa razão, decidiu-se pela criação de seis equipes de três alunos das quais cada uma teve três encontros com o pesquisador para a execução das atividades. Estas ocorreram no laboratório de física em sucessivos dias e duraram uma hora cada. Não obstante ter conhecimento de que a execução de atividades investigativas exige muito tempo, é imprescindível, no contexto escolar, planejá-las consoante o tempo de aula. Os alunos realizaram, em cada encontro, uma atividade experimental. As guias da atividade (Anexo 3: Guia da atividade 1. Anexo 4: Guia da atividade 2. Anexo 5: Guia da atividade 3.) foram respondidas, individualmente, por cada estudante depois da execução das atividades. Este material serviu como fonte de dados de pesquisa.



Figura 1: Carrinho com retropropulsão

O aparato experimental utilizado na primeira atividade foram dois carrinhos movidos à pilha. Estes moviam-se com velocidades constantes e diferentes. Era preciso que tal informação fosse descoberta pelos estudantes. No começo, foram estabelecidas duas demarcações em cima da bancada do laboratório: saída e chegada. Esta possuía dois centímetros de largura enquanto aquela tinha dez. Isso se tornou necessário devido à pré-

testagem, pois esta demonstrou que seria difícil realizar o experimento pelo fato do tempo de cruzamento ser muito pequeno.

Os estudantes foram orientados no início da atividade acerca do funcionamento dos carrinhos e dos mecanismos para execução da atividade. Colocou-se um problema aos alunos a partir da ordem de que eles deveriam ligar os dois carrinhos simultaneamente, no entanto a posição dos dois seriam diversas; enquanto um deveria ser colocado na linha de largada, o outro deveria ser posicionado em qualquer lugar antes dessa linha. Esta deveria ser ultrapassada pelos carrinhos ao mesmo tempo. Assim que constatassem que as velocidades não eram similares necessitariam reconsiderar as posições iniciais, isto é, o carrinho de maior velocidade partiria de uma posição anterior a do que tem uma menor velocidade e que estaria posicionado na linha de largada. Relacionar o resultado à distância percorrida e ao tempo gasto era o que se esperava que os alunos constatassem ao término do experimento, percebendo que os carrinhos não possuíam a mesma velocidade ao ultrapassarem a linha de chegada.

O problema proposto na segunda atividade foi o de determinar a velocidade de cada carrinho ao ultrapassar a linha de chegada. Nessa atividade foram utilizados, além dos dois carrinhos, uma régua de 30 cm, uma trena de 5 metros e um cronômetro digital. Os alunos deveriam utilizar de autonomia para definir quais materiais deveriam usar e que facilitariam a coleta dos dados necessários (trena e cronômetro digital). Confirmar que as velocidades dos carrinhos diferiam era o que se esperava dos alunos nessa atividade, mesmo que estivessem na mesma posição. Isso foi preciso para que os alunos, que ainda discutiam a primeira atividade insistindo na afirmativa de que os carrinhos tinham velocidades iguais, mudassem suas conclusões.

Na terceira atividade foram utilizados os seguintes materiais: uma mola, quatro sensores fotoelétricos e um cronômetro ligado a eles, e dois trilhos de ar com seus dois carrinhos. Orientou-se os estudantes no início da atividade acerca do funcionamento dos trilhos de ar, os sensores fotoelétricos e os cronômetros integrados a eles, além da metodologia necessária para a execução da atividade. Colocou-se os dois trilhos paralelamente sobre a bancada, porém um deles foi inclinado. Dessa maneira, um dos carrinhos seguiria uma trajetória retilínea plana sem inclinação, com velocidade constante, e o outro seguiria uma trajetória retilínea descendo o plano inclinado e, conseqüentemente, teria aceleração. Colocaram-se os sensores de cada trilho na mesma

posição, de maneira que permitisse a determinação da velocidade de cada carrinho entre um sensor e outro.



Figura 2: Trilhos de ar com sensores fotoelétricos, vista lateral.

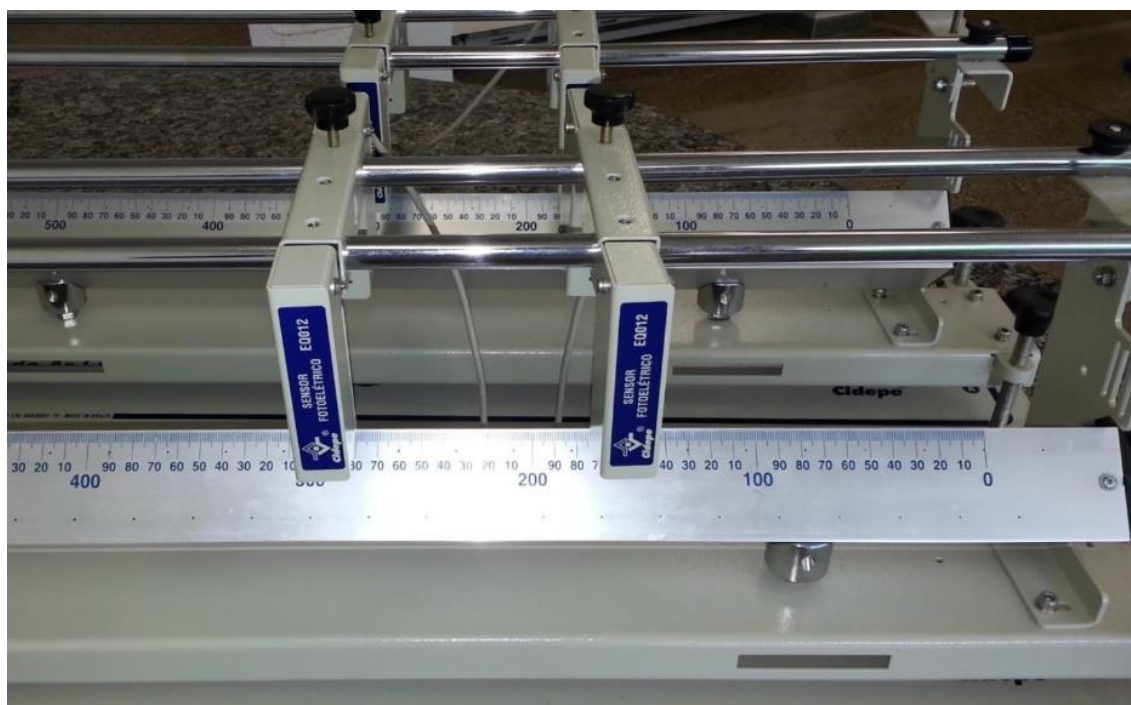


Figura 3: Sensores fotoelétricos, vista aproximada.

Quando os dois trilhos foram ligados e os movimentos dos carrinhos iniciaram simultaneamente, o que estava no trilho plano, comprimido a uma mola, partiria em uma posição à frente daquele colocado no trilho inclinado. Contudo, o carrinho do trilho inclinado, com o passar do tempo, alcançaria e ultrapassaria o outro. O movimento dos dois carrinhos deveria ser visualizado pelos estudantes enquanto descobriam, no momento da ultrapassagem, que seria o instante em que os carrinhos estariam na mesma posição, qual era a velocidade de cada um deles. Para a execução dessa etapa os estudantes manipulavam sensores fotoelétricos no intuito de medir o tempo e uma trena no intuito de medir a distância percorrida pelos carrinhos. Questionou-se aos alunos, no

início da atividade, se as velocidades dos carrinhos seriam iguais ou diferentes no momento do encontro.

Os estudantes deveriam levantar hipóteses em todas as atividades, testá-las e registrá-las no guia de atividade. Dessa forma constataram que estava errada a ideia de que dois móveis têm a mesma velocidade quando ocupam a mesma posição final. Em seguida, deveriam revisar suas hipóteses e realizar novos testes. Ao término da atividade, os estudantes deveriam fazer um relatório de como conseguiram resolver o problema proposto e suas principais constatações. Essa etapa é concernente à passagem da ação manipulativa para a ação intelectual (CARVALHO, 2013). Solicitou-se do mesmo modo que avaliassem a atividade executada de modo que destacassem o saber que ela proporcionou e em que momento divergia do saber que tinham no começo. Em suma, foi executada uma discussão oral com o pesquisador onde os estudantes expuseram suas hipóteses, táticas para a resolução do problema e constatações.

O registro escrito (textos e desenhos) e de gravação em vídeo de todas as atividades foi a maneira como se fez a coleta de dados. Recolheram-se os registros escritos e se realizou a análise de conteúdo (BARDIN, 1977). Segundo o referencial de análises dos dados e com o tipo dos dados colhidos na pesquisa, foi aplicada a análise frequencial temática. O tema é uma asserção sobre um assunto, podendo ser uma frase condensada, uma frase composta ou uma síntese através da qual o pesquisador poderá realizar inferências (BARDIN, 1977). Neste trabalho se estabeleciam asserções onde era possível deduzir a compreensão do conceito de velocidade enquanto relações entre distância percorrida e tempo; relações estabelecidas entre posições finais e velocidade; relações estabelecidas entre posições iniciais e velocidades finais; relações estabelecidas entre posição ocupada em certo instante de tempo e velocidade; relações estabelecidas entre posições finais e distância percorrida. Computar a frequência com que os temas surgem no texto é a maneira como se consiste uma análise frequencial temática.

## 4.2 Metodologia de análise de conteúdo

### 4.2.1 Breve histórico

Utilizar indicadores presentes nas mensagens para enfatizar as inferências de natureza sociológicas, psicológicas, históricas, políticas, entre outras do emissor/receptor dessa mensagem é como se faz a análise de conteúdo.

O método usado na análise de conteúdo se desenvolveu primeiramente nos Estados Unidos da América no começo do século XX. Nesse tempo se buscava uma rigidez científica nas análises de materiais escritos, que no começo era fundamentalmente jornalístico. Rapidamente se estendeu esse estudo quantitativo/qualitativo dos materiais jornalísticos à análise de propagandas no período da primeira guerra mundial, e foi amplificado na segunda guerra.

H. D. Lasswell, que realizou análise impressa e propaganda por volta de 1915, foi um dos primeiros pesquisadores que inicialmente utilizou essa técnica e contribuiu em seu desenvolvimento. O livro propaganda *Technique in the World War* foi editado em 1927 (BARDIN, 1977).

Os departamentos estadunidenses de ciências políticas exerceram uma posição de destaque no desenvolvimento da análise de conteúdo. O objetivo desses departamentos era fazer análises das mensagens vinculadas em periódicos e jornais no intuito de averiguar se elas não possuíam propaganda subversiva indireta. A quantidade de analistas especializados nessa técnica aumentou com o passar do tempo, e do mesmo modo sua abrangência.

Com o tempo começou-se a aplicação da análise de conteúdo em obras literárias, em cartas enviadas pelos soldados que estavam em trincheiras na segunda guerra mundial – no intuito de avaliar o estado psicológico dos soldados – e em muitas outras áreas do saber que forneciam material escrito, tais como: linguística, psicologia, sociologia, psicanálise e ciências. Deve-se ressaltar que não se inclui no campo de aplicação da análise de conteúdo tudo o que não é propriamente linguístico escrito, tais como: filmes, representações pictóricas, comportamento considerados "simbólicos", entre outros,

apesar de que, em certos aspectos, o tratamento desses materiais levante problemas similares aos da análise de conteúdo (BARDIN, 1977, p.33).

## 4.2.2 O que é a Análise de Conteúdo

Pode-se definir a análise de conteúdo como um arcabouço de técnicas de análise das comunicações que tem como objetivo fazer inferências acerca das condições de produção e de recepção das mensagens, recorrendo a indicadores que podem ser quantitativos ou não (BARDIN, 1977). Não se trata de um instrumento de análise, mas de um arcabouço de técnicas que possibilita uma rigidez científica nas inferências. As circunstâncias de produção se referem as variáveis psicológicas, socioculturais, contexto de comunicação ou circunstância na qual a mensagem foi produzida. No âmbito deste trabalho serão as produções escritas dos alunos e/ou suas respostas a um questionário. Dado que o termo condições de produção é vago, Bardin (1977) propõe referir-se a ele como variáveis inferidas. O essencial é compreender que quando o pesquisador fizer inferências sobre as respostas lidas, deverá ter evidente em sua mente que existe uma relação entre:

- a superfície dos textos, descrita e analisada, e;
- fatores que determinaram estas características;

Em vista disso, há uma correspondência entre as estruturas semânticas ou linguísticas do texto e as estruturas psicológicas ou sociológicas dos enunciados (BARDIN, 1977, p.41). Isso ameniza as preocupações deste estudo, pois o pesquisador pode declarar que há uma relação entre o que o estudante está escrevendo e o que ele idealiza ou idealizou durante o processo de escrita. Assim sendo, é possível analisar a compreensão do aluno por meio do que ele escreveu, pois de acordo com Bardin (1977), há uma correspondência entre o que está escrito, o que é produzido pelo sujeito, e as suas estruturas psicológicas, que neste trabalho se refere à forma de entendimento do conceito de velocidade.

Determinar aproximadamente a parcialidade do que são denominadas circunstâncias de produção dos textos é o que objetiva qualquer análise de conteúdo, e não o estudo da língua ou da linguagem. O que se tenciona caracterizar são estas condições de produção e não os próprios textos. O arcabouço das circunstâncias de

produção estabelece o campo das determinações do texto (HENRY e MOSCOVICI, 1968 *apud* BARDIN, 1977).

Conhecer o que está por detrás das palavras acerca das quais se inclina é o que busca a análise de conteúdo, e para isso usa um mecanismo de dedução baseado em indicadores, que são reconstruídos a partir de uma amostra de mensagens particulares (enunciados, frases, palavras). Segundo Bardin, a análise de conteúdo pode ser definida como:

*“Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 1977, p.42).”*

Uma correlação que se pode fazer e demonstra bem o objetivo da análise de conteúdo é com o jogo de xadrez: a análise de conteúdo não pretende compreender o jogo, não tem como objetivo produzir um manual para auxiliar novos jogadores a compreender o xadrez, a análise de conteúdo tenta entender os jogadores e/ou o ambiente de jogo num momento determinado (BARDIN, 1977).

Deduzir ou inferir a partir de indicadores não é incomum na prática científica, muitos profissionais como médicos, psicólogos e outros fazem inferências acerca dos possíveis problemas de seus pacientes através de indicadores.

### **4.2.3 Por quê utilizar a análise de conteúdo**

Ao utilizar um método de análise, o pesquisador evita fazer interpretações ingênuas dos dados coletados, fundamentado apenas naquilo que ele acredita ter encontrado. Além disso, distanciar-se do entendimento espontâneo dos dados requer o uso de técnicas que possibilitem a análise dentro de uma rigidez metodológica que se aproxime ao científico (BARDIN, 1977).

É necessário ponderar que a análise tem uma base teórica. Categorizar sem se apoiar em um referencial. Pode conduzir a interpretações de informações que não existem. Isso porque a ansiedade do pesquisador em dar um sentido aos dados coletados pode induzi-lo ao erro. De acordo com Bardin:

*“[...] qualquer comunicação, isto é, qualquer transporte de significações de um emissor para um receptor controlado ou não por este, deveria poder ser escrito, decifrado pelas técnicas de análise de conteúdo (Bardin, 1977, p. 32)”.*

Nessa mesma direção, Henry e Moscovici (1968 *apud* BARDIN, 1977, p.33) declaram que “tudo que é dito ou escrito deve ser submetido a uma análise de conteúdo”. Logo, usar uma técnica de análise de dados faz com que as inferências e os resultados sejam mais seguros e confiáveis, isto é, usar uma técnica de análise de dados dá ao pesquisador maior segurança e confiabilidade nas suas inferências.

## **4.2.4 Etapas da análise de conteúdo**

O conteúdo das mensagens que foram escritas pelos estudantes ao executarem as atividades deste trabalho de pesquisa pode ser descrito analiticamente graças à análise de conteúdo. Em cada resposta, em cada frase escrita, existe uma mensagem a ser analisada pelo pesquisador. Sendo assim, de maneira geral, essa análise acarreta em um tratamento da informação contida nas mensagens (BARDIN, 1977, p.34). A análise pode ser:

- de significados (ex. análise temática);
- de significantes (ex. análise léxica, análise de procedimentos).

Esses exemplos de análises serão explicados mais adiante.

As fases da análise se estruturam em três etapas que Bardin (1977) denomina de polos cronológicos:

- pré-análise;
- exploração do material;
- tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

### **4.2.4.1 Pré-análise:**

Essa é a etapa onde o material a ser analisado é estruturado, levantam-se as hipóteses e se escolhem os indicadores que irão sustentá-las. Essa etapa ainda apresenta quatro dimensões: a leitura flutuante, a seleção dos documentos a serem submetidos à

análise, a formulação das hipóteses e objetivos e a elaboração dos indicadores que fundamentam a interpretação final (BARDIN, 1977, p.95).

a) *Leitura flutuante*: uma leitura descompromissada. Com ela o analista seleciona os documentos que serão analisados e, progressivamente, ergue as hipóteses e os indicadores que as sustentarão. Refazer muitas vezes esse tipo de leitura é algo que o pesquisador poderá ter que fazer para que se alcance um domínio acerca dos materiais a serem analisados.

b) *A escolha dos documentos*: pode ser dependente dos objetivos que o analista traçou ou os objetivos podem ser estabelecidos em razão dos documentos existentes. Os documentos que serão submetidos à análise são chamados de "corpus" (BARDIN, 1977, p.96).

Existem regras para seleção do corpus. As principais são:

- *Regra da exaustividade*: em virtude da definição do corpus de documentos a serem analisados, não se pode deixar nenhum documento de fora da análise. É essencial que todos os documentos presentes no corpus sejam analisados;
- *Regra da representatividade*: a análise pode ser executada em uma amostra desde que esta seja uma parte representativa do universo. Se o pesquisador estiver, por exemplo, analisando artigos de campanha política de um determinado candidato, ou ele inclui na sua análise todo o universo de artigos ou escolhe uma amostra de artigos que represente esse universo.
- *Regra de homogeneidade*: é necessário que os documentos selecionados para fazer parte do corpus precisam ser homogêneos, isto é, devem obedecer a critérios precisos e claros de seleção.
- *Regra da pertinência*: os documentos selecionados devem ser adequados às hipóteses e aos indicadores que o analista levantou.

c) *Formulação de hipóteses e objetivos*: a hipótese é uma asserção que pode ser contingente ou não e que o analista se dispõe a confirmar ou não. Toda hipótese é objeto da análise e tem que ser submetido a ela. Trata-se de uma suposição que partiu da intuição do analista e que deve ser submetida à prova de dados seguros. As hipóteses é que irão

guiar a análise e o objetivo é visto como a finalidade geral, que vai ser confirmada com os resultados das análises das hipóteses.

d) Elaboração de indicadores: fazer uma verificação das hipóteses do analista é o objetivo dos indicadores, índices considerados seguros. Esses índices devem estar presentes nos textos analisados e podem ser, por exemplo, uma palavra, uma frase, uma ideia que está presente no âmbito do documento. A referência dos índices e a elaboração de indicadores devem ponderar os textos como uma manifestação contendo índices que a análise vai trazer à tona e, por essa razão, em um trabalho preparatório deve-se selecionar esses índices em função das hipóteses. O índice pode ser a menção explícita de um tema, uma relação, um conceito, em uma mensagem, entre outras. Quanto mais importante ele deve ser para quem escreve, mais ele é repetido. Se o analista estiver executando uma análise sistemática quantitativa, quanto mais esse índice estiver presente nos textos, maior será a segurança em afirmar algo. O indicador de entendimento, por exemplo, pode ser a frequência com que algo foi escrito no texto, a frequência com que uma relação aparece, a frequência com que um conceito é citado, etc.

Em consequência dos índices escolhidos, o pesquisador será capaz de arquitetar os indicadores de maneira mais precisa e segura. O analista pode fazer recortes e ter a noção de quais índices irá levar em conta para construir os seus indicadores, na pré-análise. Pode-se exemplificar, no âmbito deste trabalho, alguns exemplos de índices de entendimento do conceito de velocidade que foram erguidos.

- reconhecimento da necessidade das variáveis distância percorrida ( $\Delta X$ ) e tempo gasto ( $\Delta t$ ) para determinar a grandeza velocidade (indicador da compreensão qualitativa do conceito de velocidade).
- reconhecimento ou compreensão da relação matemática entre  $\Delta X$  e  $\Delta t$  como sendo a grandeza velocidade (indicador da compreensão quantitativa do conceito de velocidade).
- compreensão do fato de que dois corpos estarem na mesma posição não significa que tenham a mesma velocidade (indicador da superação da concepção alternativa da literatura).

Figura 4: Quadro de exemplos de índices de compreensão.

Certificar-se do êxito e legitimidade dos indicadores é o que deve fazer o pesquisador, testando-os em algumas partes ou em alguns elementos dos documentos a serem analisados (pré-teste da análise).

#### **4.2.4.2 Exploração do Material:**

Se na etapa da pré-análise todas as operações forem adequadamente completadas, essa etapa consistirá apenas da operacionalização mecânica da análise, uma administração das decisões tomadas. Nessa etapa da análise, o analista realiza as operações de decodificação, desconto ou enumeração em razão das regras previamente estabelecidas. Essa etapa da análise é extensa e fatigante e, muitas vezes, o analista terá que regressar à fase anterior e reformular hipóteses e indicadores (BARDIN, 1977).

#### **4.2.4.3 Tratamento dos Resultados, Inferência e Interpretação:**

Trata-se dos resultados de modo a torná-los significativos. É possível utilizar tratamentos estatísticos simples ou mais complexos, recorrer a teste de validação, entre outros procedimentos. Podem ser estabelecidos, ao término das análises, quadros de resultados, tabelas, gráficos, diagramas, figuras e modelos, os quais põem em destaque os resultados alcançados (BARDIN, 1977).

O analista, tendo em mãos os resultados obtidos através de procedimentos rigorosos que lhe fornecem dados fiéis, pode, então, fazer inferências, interpretá-las em função das hipóteses levantadas e concluir a respeito dos objetivos iniciais.

### **4.2.5 A codificação**

Transformar os dados brutos do texto é como ocorre a codificação, realizada de acordo com regras específicas. Essa transformação, por recorte, agregação e enumeração, possibilita atingir uma representação do conteúdo (ou da sua expressão) capaz de esclarecer o pesquisador sobre as características do texto que possam servir de índices. Isto é, a partir dos dados brutos, escritos pelos alunos, possibilita ao pesquisador trabalhar com os índices, que são aquilo que realmente interessam na produção dos alunos. A análise dos índices possibilita que se discutam indicadores e em cada um desses processos o dado bruto vai diminuindo e ficando mais preciso e específico.

*“A codificação é o processo pelo qual os dados brutos são transformados sistematicamente e agregados em unidades, as quais permitem uma descrição exata das características pertinentes do conteúdo (HOSLTI, 1969 apud BARDIN, 1977, p.103).”*

No caso da análise categorial, que foi o tipo de análise usada neste estudo, a codificação se organiza respeitando os seguintes passos:

- escolha das unidades de registros e de contexto;
- enumeração: escolha das regras de contagem;
- classificação e agregação: escolha das categorias.

#### **4.2.5.1 Unidades de Registro e de Contexto**

É imprescindível saber o que selecionar para se observar no texto. Bardin apresenta a unidade de registro como uma unidade de significação a ser codificada. Refere-se à parte do conteúdo que o analista irá considerar como unidade de base para categorizar e para contar a frequência com que aparece no texto. A unidade de registro pode ser de natureza e de tamanho variado sendo que as mais utilizadas são: a palavra, o tema, o objeto ou referente, o personagem, o acontecimento, o documento.

- A palavra: cada palavra do texto pode ser levada em consideração ou pode-se procurar apenas palavras-chave, palavras-tema, ou procurar e contar categorias de palavras (verbos, substantivos, entre outras).
- O tema: é uma asserção sobre um assunto, como será utilizado neste trabalho. Ou seja,

*“[...] é uma frase composta, habitualmente um resumo ou uma frase condensada, por influência da qual pode ser aferido um vasto conjunto de formulações singulares (BARDIN, 1977, p.105).”*

O texto pode ser recortado em ideias constituintes, em enunciados e em proposições portadoras de significações isoláveis. Segundo o autor, o tema é uma unidade que será isolada do texto maior que foi produzido pelos alunos. Essa unidade poderá ser uma frase em que o aluno estabeleceu uma relação que está sendo procurada pelo pesquisador. O significado da frase (tema) é complexo e ela pode ter tamanho variado, dependendo de

como o aluno escreveu. Essa frase não tem valor linguístico, ou seja, o pesquisador não está preocupado com a frase enquanto constituinte gramatical de um texto e sim com o valor psicológico que a frase tem, pois o que o aluno escreve é representativo da sua compreensão a respeito do conteúdo ou do conceito abordado. Assim, o analista está inferindo o que está na mente (na estrutura cognitiva) do aluno através do que ele afirma, escreve, constrói no seu texto. O tema pode ser uma afirmação, uma alusão, várias afirmações (ou proposições) ou qualquer fragmento do texto.

- Objeto ou referente: são o que Bardin (1977) denomina de tema eixo. Recorta-se o texto em função destes temas eixo, agrupando em sua volta tudo o que o emissor da mensagem exprime a seu respeito. Envolve uma análise na qual o pesquisador organiza as categorias em volta de um tema eixo.
- O personagem: um determinado personagem pode ser escolhido como unidade de registro. Neste caso reúnem-se, em volta desta unidade, aspectos psicológicos, traços de caráter, idade, sexo, entre outros.
- O acontecimento: em casos de relatos ou narrações, pode-se usar como unidade de registro um ou mais acontecimentos.
- O documento: pode-se definir como unidade de registro um tipo de documento como: jornal, livro, artigo, entre outros. Isso só é possível se os documentos puderem ser generalizáveis, ou seja, se eles não possuírem características distintas, e é feito sempre que se requer uma análise rápida. As respostas dadas a entrevistas ou a questões abertas, como no caso deste trabalho, também podem ser unidades de registro. Isto é possível se a ideia dominante ou principal seja suficiente para o objetivo procurado.

A unidade de contexto serve para compreensão de unidades de registros, ajudam a tornar mais clara a significação exata da unidade de registro. A unidade de contexto pode ser a frase para a palavra ou o parágrafo para o tema.

#### **4.2.5.2 Regras de enumeração**

Diferenciar a unidade de registro (tema) – que será contada – da forma como será contada se torna indispensável, regra a ser seguida.

Em primeiro lugar, como já foi dito, o pesquisador deverá fazer uma “leitura flutuante” (leitura prévia do material). Com base nesta leitura e no objetivo do seu trabalho, elaborar uma lista de referências. Essa é uma lista de temas que ele acredita que irá encontrar. Por exemplo, baseando-se na leitura de vários artigos a respeito das concepções espontâneas relacionadas ao conceito de velocidade, e este trabalho teve como lista de referências afirmações dos alunos demonstrando:

1. compreensão do fato de dois corpos em movimento estarem em uma mesma posição não significar que tenham, necessariamente, a mesma velocidade.
2. reconhecimento ou compreensão da velocidade enquanto quociente da distância ( $\Delta X$ ) pelo tempo ( $\Delta t$ ).
3. reconhecimento ou compreensão da necessidade das variáveis distância percorrida ( $\Delta X$ ) e tempo gasto ( $\Delta t$ ) para determinar a velocidade de um móvel qualquer. A lista de referência também continha e pode conter afirmativas negativas, ou seja, que negam a compreensão dos alunos:
4. compreensão de que dois corpos em movimento que estão na mesma posição aproximadamente têm, necessariamente, a mesma velocidade.
5. entendimento de que para determinar a velocidade é necessário apenas conhecer o deslocamento ou a distância percorrida.

A sua contagem (enumeração) pode ser de várias formas:

a) Pela presença ou ausência: nos textos dos alunos estão presentes vários elementos, mas a presença de alguns pode ser significativa para o analista, pois, pela forma como esse elemento aparece no texto ele pode inferir que os alunos compreendem um determinado conteúdo. Neste trabalho a presença pode indicar a compreensão, em diferentes níveis, do conceito de velocidade.

De outra maneira, como foi verificado neste estudo, a ausência de um determinado elemento pode ter significado igualmente essencial. A ausência de algumas afirmações no texto dos alunos levou a alguns questionamentos. Por exemplo: A ausência da afirmação referente à necessidade de se conhecer as variáveis de distância e tempo para determinar a velocidade quer mesmo dizer que não desenvolveram a compreensão de velocidade? Será que não conhecem ainda o sentido matemático de taxa de variação pelo fato de não terem demonstrado compreensão da relação matemática que leva à

determinação da velocidade? Segundo Bardin (1977), essas inferências são possíveis desde que os dados apontem para isso de maneira clara e exata, ou seja, inferir que os alunos ainda não têm certas compreensões é possível, mas os dados precisam apontar isso claramente. Como discutido, nesse caso, as inferências serão realizadas pela ausência e não pela frequência de afirmações (temas).

b) Pela frequência: é a mais usada geralmente e também foi usada neste estudo. Neste caso, a importância de uma unidade de registro aumenta com a frequência de sua aparição, ou seja, quanto mais o tema (afirmação) procurado aparecer nos textos de um determinado aluno, mais importante ele é, e mais segurança o pesquisador tem para afirmar que ele compreendeu ou não o conceito, a relação, entre outros.

É possível, por exemplo, enumerar quantas vezes cada tema aparece, por exemplo: tema 1 = 3 vezes; tema 2 = 0 vezes; tema 3 = 1 vez.

Nesse exemplo, a aparição de cada tema tem o mesmo valor.

c) Pela frequência ponderada: nesse caso a aparição ou presença de determinado tema tem maior importância do que outro. Esta regra de contagem também foi usado neste trabalho.

Por exemplo, suponha que a aparição dos temas 2 e 3 tem duas vezes mais importância que a aparição do tema 1. Se para os textos de um determinado aluno tiver aparecido: tema 1 = 1 vez; tema 2 = 3 vezes; tema 3 = 1 vez.

Teremos: tema 1 = 1 vezes = 1; tema 2 = 3 vezes x 2 = 6; tema 3 = 1 vez x 2 = 2

Como podem haver afirmações negativas, ou seja, afirmações que mostram que a concepção inicial do aluno (não científica) ainda está presente, como no caso deste trabalho, o pesquisador pode escolher dar valores negativos quando elas aparecerem. Ou também pode dar valor 1 para elas e valores maiores que 1 (2x1, 3x1, etc.) para as outras que aparecerem. Em suma, pode também dar valor neutro (zero) para afirmações em que não foi possível identificar a compreensão dos alunos, ou seja, afirmações vazias, sem sentido, não claras, entre outras.

### 4.2.5.3 A Classificação e Agregação: Escolha das Categorias

Segundo Bardin (1977), essa etapa é facultativa, porém é utilizada na maioria das vezes. Ela consiste em organizar as unidades de registro (temas) de acordo com algo que tenham em comum. O que há em comum é definido por aquilo que o pesquisador decide que pode ser: temas que estabelecem relações parecidas; concernentes à desconstrução de uma mesma concepção alternativa; concernentes a uma mesma atividade; entre outras. Por fim, o pesquisador pode pensar se é possível e se deseja realizar o agrupamento, denominado categorização. Porém, vale a pena ressaltar, que a categorização é uma técnica que facilita a discussão dos resultados, pois permite discutir a categoria como um todo, ao invés de cada tema separadamente. Por exemplo, neste trabalho, na categoria 1, denominada “relações entre variação da posição e variação do tempo” estão agrupadas as unidades de registro referentes aos temas 2 e 5 da lista de referência. Tomando-se a análise por grupo, os gráficos abaixo (Figuras 5 e 6) apresentam a frequência (ou frequência ponderada) com que cada tema foi encontrado.

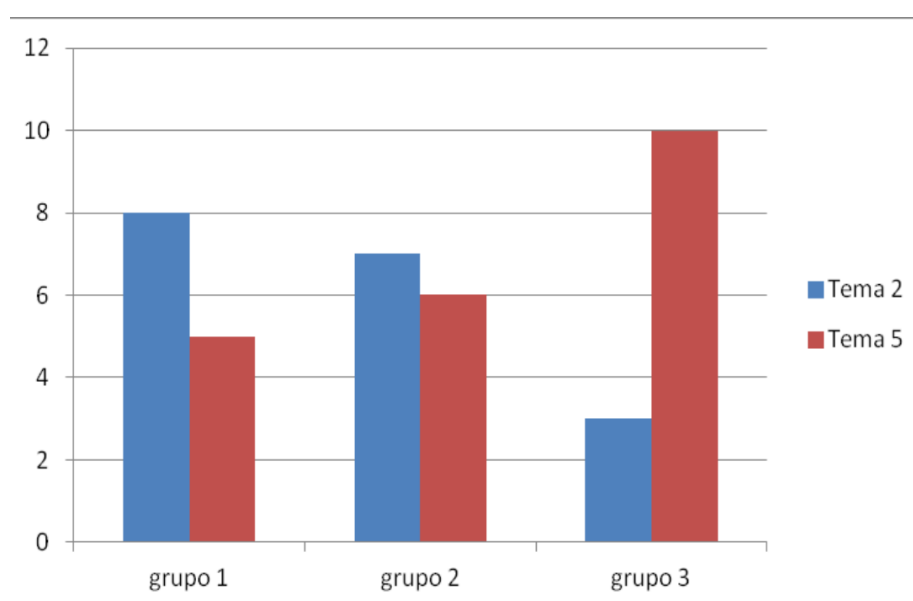


Figura 5: Gráfico apresentando a análise por frequência dos temas.

Se houver temas que o pesquisador decida considerar negativo, por exemplo, "a não compreensão do conceito de velocidade ou permanência da concepção alternativa da literatura", inserindo-se o tema 7, o gráfico pode ter a aparência da Figura 6:

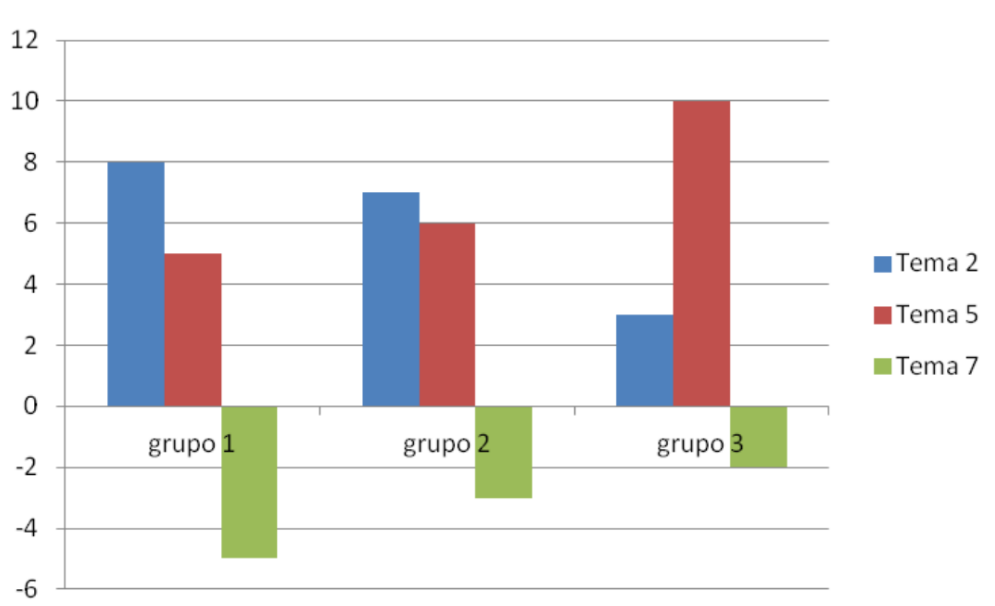


Figura 7: Exemplo de gráfico apresentando analisando a frequência ponderada.

A definição de categorização e o seu objetivo segundo Bardin é:

*“[...] uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos (BARDIN, 1977, p.117).”*

*“[...] fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos. Na análise quantitativa, as inferências finais são, no entanto, efetuadas a partir do material reconstruído. Supõe-se, portanto, que a decomposição – reconstrução desempenha uma determinada função na indicação de correspondências entre as mensagens e a realidade subjacente. A análise de conteúdo assenta implicitamente na crença de que a categorização (passagem dos dados brutos a dados organizados) não induz a desvios no material, mas que dá a conhecer índices invisíveis aos dados brutos (BARDIN, 1977, p.119).”*

Essa é uma afirmação interessante, pois o pesquisador pode argumentar que a análise de conteúdo não modifica os dados obtidos do seu trabalho, não influencia na análise distorcendo os dados. Ao contrário, segundo o autor, ela traz a tona coisas que poderiam não ser percebidas na análise direta dos dados brutos.

A categorização pode empregar dois processos inversos. O primeiro é fornecido por um sistema de categorias no qual se repartem da melhor maneira possível os elementos (temas) à medida que vão sendo encontrados. Este é o procedimento por “caixas”, aplicável no caso da organização do material, que é o caso deste trabalho.

No segundo, o sistema de categorias não é fornecido, mas emerge da durante a análise dos elementos. Este é o procedimento denominado procedimento por “milha”. O título de cada categoria é definido somente no final da operação.

Existem boas e más categorias. Segundo (BARDIN 1977, p.119), um conjunto de boas categorias deve possuir as seguintes qualidades:

- Exclusão mútua: as categorias devem ser construídas de forma que um elemento não possa ter dois ou vários aspectos suscetíveis de fazerem com que fosse classificado em duas ou mais categorias. Se isso acontecer a categoria tem que ser revista, renomeada, reconstruída.
- Homogeneidade: cada categoria deve ser organizada levando-se em conta apenas um princípio de classificação, ou seja, em tal categoria estarão agrupados os temas (unidades de registro) referentes a uma determinada coisa (afirmação, conceito, etc.) e não a mais de uma. Se isso acontecer, o analista terá categorias com afirmações tão variadas que será mais difícil de analisar do que se analisasse os dados brutos diretamente.
- Pertinência: uma categoria é considerada pertinente quando está adaptada ao material de análise escolhido, e quando pertence ao quadro teórico definido, ou seja, as categorias criadas devem refletir a intenções da investigação que o pesquisador está realizando, as questões que quer responder com sua pesquisa, as características das mensagens escritas pelos alunos. Não há problema em ter poucas categorias, isso é melhor do que

criar muitas de categorias e com isso ter categorias sem sentido, que poderiam estar agrupadas em uma categoria maior, ou que em nada contribuem para o que o pesquisador está procurando.

- **Objetividade e fidelidade:** Pessoas diferentes analisando os dados devem chegar a resultados iguais, ou seja, se dois diferentes pesquisadores forem, separadamente, analisar as respostas seguindo as categorias criadas, devem chegar ao mesmo resultado, agrupando da mesma forma as respostas nas categorias. Ou pelo menos, os agrupamentos de respostas devem ser quase os mesmos, sendo necessário apenas discutir um caso ou outro que teve categorização diferente. Em vários casos os pesquisadores fazem análises aos pares para comprovarem a objetividade e fidelidade das categorias.
- **Produtividade:** as categorias devem fornecer ao pesquisador resultados férteis em hipóteses novas.

#### **4.2.6 A inferência**

A análise de conteúdo fornece informações suplementares ao pesquisador, distanciando-o da sua leitura ingênua e levando-o a compreender mais sobre o texto. Mas o que significa compreender mais sobre o texto? Compreender o quê?

É possível chegar a resultados (inferências) sobre a mensagem (significação e código) e o seu suporte ou sobre o emissor (quem escreve) ou receptor (quem recebe a mensagem escrita).

O pesquisador deverá estar preocupado em inferir sobre a mensagem (no caso deste estudo, produção escrita dos alunos) e considerar que o que for encontrado representa a compreensão de quem escreveu a mensagem (os alunos), isso porque, como dito anteriormente, a mensagem representa o conhecimento do emissor.

De acordo com Bardin (1977, p.134), na análise da mensagem existem duas possibilidades: considerar o significante e os significados ou considerar o código e a significação. O pesquisador deve estar preocupado em inferir (tirar conclusões) a partir do código e da significação. Para compreender melhor o que o autor que dizer, ele define

o código ou significante como sendo o indicador capaz de revelar realidades subjacentes. Por exemplo: "Em que medida o comprimento das frases de um discurso político nos informa sobre a segurança do orador?". No caso deste estudo, considera-se como código ou significante: "Como as relações estabelecidas pelos alunos quanto aos conceitos de distância percorrida e tempo refletem sua compreensão do conceito de velocidade"

Analisando cada categoria o pesquisador irá se perguntar e tentar responder:

- Qual é a frequência de cada tema (unidade de registro)?
- Temos temas negativos? Em caso afirmativo, aparecem em número grande ou em número pequeno?
- Em qual atividade tivemos mais temas positivos do que negativos ou mais frequência do tema X do que do tema Y?
- Quais temas estiveram presentes? Qual tema não apareceu em nenhum momento?

Em relação às definições de significação ou significado, pode dizer que, depois de passar pelo estudo do código, pode-se realizar uma análise do significado do que foi encontrado. Por exemplo, analisando as respostas das questões citadas acima o pesquisador irá se perguntar e tentar responder:

O que nos revela cada resposta dada às questões anteriores? O que o fato de aparecer tal tema com grande frequência nos revela? O que o fato de aparecer tal tema com pequena frequência, ausência ou negativo nos revela? O que podemos afirmar sobre o conhecimento dos alunos após a realização das atividades? Existem sujeitos que ainda permanecem com a concepção alternativa estruturada? Existem sujeitos que evoluíram, mesmo ainda não demonstrando o conhecimento científico? Em que sentido é possível afirmar que os resultados encontrados se devem à atividade realizada? Essa última questão, no caso deste estudo, será respondida a partir da análise das respostas dadas à pergunta final que foi colocada nos questionários que os alunos responderam ao fim de cada atividade.

# Capítulo 5: Resultados e discussões

As respostas obtidas a partir do teste de diagnóstico e da produção escrita possibilitaram as análises desenvolvidas neste trabalho. A análise de conteúdo de Bardin (1977) foi a metodologia de análise utilizada neste estudo. Para esse fim foram utilizadas as respostas dadas ao teste diagnóstico e a produção escrita dos alunos. Assim, foram realizadas três estudos com diferentes objetivos.

## 5.1 Estudo 1: análise das respostas dadas ao teste diagnóstico

Dividiu-se este estudo em dois momentos diferentes com objetivos distintos. Primeiramente, elaborou-se um questionário com cinco questões discursivas (Anexo 6). Elaboraram-se as questões a partir das concepções apresentadas pela literatura (LEITE, 1993). Esse questionário foi aplicado como pré-teste a uma turma de vinte estudantes do 3º ano do Ensino Médio, ou seja, com idade e nível de formação semelhante aos futuros participantes da pesquisa. Esses estudantes participaram voluntariamente desta pesquisa, porém, não foi entregue a esses alunos o termo de consentimento de participação a ser assinado por seus responsáveis.

Fazer uma avaliação da aplicabilidade real das questões foi o objetivo deste estudo, sua compreensão pelos alunos, clareza das questões e figuras e tempo gasto para resolução. Com base no resultado deste estudo tornou-se viável a validação das questões e o ajuste do questionário antes da sua aplicação à turma de interesse, por exemplo, o número de questões foi diminuído para três, figuras foram modificadas, entre outros ajustes.

A segunda etapa deste estudo consistiu em fazer a aplicação do questionário diagnóstico já revisado na equipe de estudantes de interesse da pesquisa, os dezesseis alunos do 1º ano do Ensino Médio, ou seja, apenas os alunos que assinaram o termo de consentimento. O pesquisador aplicou o questionário diagnóstico (Anexo 2) no contraturno e foi disponibilizado aos alunos três horas para responderem as questões.

Esta etapa teve como objetivo perceber como os estudantes entendiam o conceito de velocidade no contexto exposto e quais concepções alternativas compartilhavam. Tomando como suporte o conceito de velocidade exposto pela física, os alunos poderiam compreendê-la como:

- a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo durante o qual o deslocamento ocorre (velocidade média);
- a razão entre a distância total percorrida e o intervalo de tempo gasto para o percurso (velocidade escalar média);
- a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo durante o qual o deslocamento ocorre, quando o intervalo de tempo tende a zero (velocidade instantânea);

A primeira questão do questionário diagnóstico consistia em dois amigos que apostavam uma corrida pelas ruas de Manaus com carros que andavam a velocidades constantes. Eles partiam simultaneamente, mas um optava pelo caminho mais curto e outro o mais longo. Por causa da questão do trânsito eles chegavam ao destino ao mesmo tempo. Era perguntado ao estudante, na letra (a) desta questão, se podia-se afirmar que as velocidades dos amigos eram iguais. O estudante deveria perceber que não, já que eram diferentes as distâncias percorridas, mesmo o tempo sendo igual para ambos.

A maioria dos estudantes, nessa questão, percebeu que as velocidades não eram iguais, pois a distância percorrida não era a mesma para os dois amigos. Na maneira de pensar do estudante, este resultado não indica concepção alternativa. Um exemplo é a resposta dada a esta questão pelo estudante 6 que respondeu:

*“Não, porque a distância percorrida deles era diferente, e eles gastaram o mesmo tempo e não sofreram aceleração, logo quem pegou o caminho azul teve que ter uma velocidade maior de quem pegou a avenida preta, para que cheguem ao mesmo tempo (Estudante 6).”*

O estudante seis percebe a diferença entre as velocidades e afirma que esta diferença se dá pela diferença nas distâncias percorridas.

A questão dois mostrava uma figura (adaptada do *Force Concept Inventory*, *Hetenes et al 1992*) que exibia, sobre uma reta milimetrada, as posições de duas pessoas

disputando uma corrida para cada segundo do seu movimento. Os estudantes deveriam perceber que uma delas estava se deslocando em movimento retilíneo uniforme e a outra em movimento retilíneo uniformemente variado. Dessa maneira, a pessoa que estava se deslocando em MRUV nos primeiros instantes de movimento estava em uma velocidade inferior à outra que se deslocava a MRU. Com o passar do tempo acontecia a ultrapassagem. Era questionado se em algum ponto do movimento as duas pessoas tinham a mesma velocidade.

Esperava-se que a resposta dada a esta questão fosse a que o aluno relacionasse a velocidade com o deslocamento e o tempo. Desse modo, perceberiam que as velocidades de Camila e Miguel foram iguais em algum momento entre os instantes dois e três segundos. No entanto, a resposta mais recorrente para essa questão foi que as velocidades eram iguais quando a posição é a mesma.

*“Sim. Nos momentos de 1 e 4 segundos, é o momento que eles se encontram. Nesse tempo a velocidade de Miguel é maior que a de Camila, por isso que eles se encontram, assim a velocidade de Miguel fica igual a de Camila, mas antes deles se encontram a velocidade de Miguel teve que ser maior (Resposta dada pelo estudante 9).”*

Ele afirma que as velocidades antes do encontro eram diferentes – com a de Miguel sendo maior – e similares no encontro. Nessa questão a velocidade de Miguel no momento do encontro era maior que a de Camila, mas o estudante nove parece ter uma concepção alternativa.

A questão três apresentava o momento em que dois carros cruzavam, ao mesmo tempo, uma linha marcada na pista em frente à Escola Estadual Sólon de Lucena. O movimento foi observado pelo vigilante que se encontrava na guarita da escola. Perguntava-se ao estudante se era possível afirmar que as motos tinham a mesma velocidade no momento que cruzavam a linha na pista.

Esperava-se que a resposta para essa questão fosse a percepção, por parte do estudante, que a velocidade podia ou não ser igual, isso dependia de informações anteriores ou posteriores ao encontro. Os carros poderiam sim estar à mesma velocidade e após o encontro continuariam seus movimentos emparelhadas, ou não teriam a mesma velocidade e o momento do encontro seria na verdade o momento da ultrapassagem.

A resposta mais recorrente nessa questão foi que as velocidades eram iguais, pois a posição era a mesma.

*“Sim. Porque eles estavam passando ao mesmo tempo, então a velocidade deve ser igual, se um tivesse velocidade maior que o outro, um estaria na frente do outro (Declaração dada pelo estudante 9).”*

O estudante nove, como na questão anterior, outra vez apresenta um pensamento no qual as velocidades são a mesma quando as posições são as mesmas. Ele afirma que para que as velocidades sejam diferentes um carro deveria estar à frente do outro.

Baseando-se nas respostas obtidas no diagnóstico se elaboraram três atividades experimentais investigativas que punham à prova a concepção alternativa mais recorrente entre os alunos, a de que dois móveis têm a mesma velocidade no instante em que se cruzam porque se encontram simultaneamente na mesma posição. As três atividades elaboradas também passaram por um processo de pré-testagem, sendo realizadas com o mesmo grupo de vinte estudantes do 3º ano do Ensino Médio que participaram da validação do questionário diagnóstico. Demonstrou-se ter utilidade a pré-testagem, pois tornou-se viável a percepção da inviabilidade de realização da primeira atividade no chão, também indicou alguns detalhes a serem alterados nas atividades e serviu de suporte para o pesquisador perceber dificuldades dos estudantes e com isso planejar questionamentos e direcionamentos a serem dados. Da mesma maneira orientou a elaboração de um guia a ser entregue aos alunos. Nele havia espaço para registrarem hipóteses, a maneira encontrada para resolução do problema proposto na atividade, avaliação da atividade e, ainda, questionamentos que os conduziam a refletir sobre o resultado.

## **5.2 Estudo 2: investigação de evolução conceitual a partir da realização das atividades experimentais investigativas**

Os resultados expostos neste estudo foram obtidos a partir da análise das produções escritas pelos estudantes após a realização de cada atividade investigativa. Em virtude das atividades terem sido elaboradas a partir da concepção alternativa de que dois móveis que estão na mesma posição têm a mesma velocidade, este estudo teve o intuito de verificar

se as atividades propostas contribuíram para a evolução conceitual desta concepção. Cabe destacar que este trabalho considera como evolução a mudança de uma concepção alternativa inicial para outra concepção, seja relacionada ao conceito cientificamente aceito ou não.

Nesse momento recorreu-se à Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977) como metodologia de análise, que faz uso de indicadores presentes nas mensagens para destacar as inferências de natureza psicológicas, sociológicas, políticas, históricas, entre outras, do emissor/receptor dessa mensagem. Neste estudo, utilizou-se a técnica de análise denominada temático frequencial, que consiste em contar a frequência com que uma determinada palavra, frase ou associação de ideias aparece no texto (Bardin, 1977). Como unidade de registro foi utilizada o tema, que é uma afirmação acerca de um assunto através da qual pode-se realizar a inferência.

O primeiro momento da análise abarcou a leitura flutuante (pré-análise) das respostas escritas. Mesmo que todas as atividades tenham sido filmadas, para não tornar o trabalho muito extenso, optou-se pela realização das análises somente com base no material escrito.

A pré-análise das respostas dos alunos revelou a possibilidade de três temas, denominados tema A, tema B e tema C. O primeiro (tema A), relacionado a uma concepção alternativa, envolve declarações que consideram que dois móveis têm a mesma velocidade no instante em que se cruzam, porque se encontram simultaneamente na mesma posição. Como exemplo, destaca-se a declaração escrita de um estudante depois de realizar a primeira atividade experimental. Ao ser perguntado se era possível afirmar que os carrinhos tinham a mesma velocidade quando passavam ao mesmo tempo pela marca posta no final da bancada, respondeu:

*“Sim. Porque para que os dois tivessem passando juntos na mesma marca é preciso que os dois possuam a mesma velocidade, caso não tivesse eles não se encontrariam, pois um seria mais rápido que o outro (Estudante 9).”*

Outro exemplo foi a resposta dada pelo estudante 3 à mesma questão:

*“Sim, pode-se afirmar que os dois carrinhos possuem a mesma velocidade somente quando eles se encontram na linha marcada (Estudante 3).”*

Como pode ser percebido, nos dois casos, os estudantes parecem arquitetar sua concepção a partir do que é mais imediato, isto é, a visão de dois carrinhos passando juntos pela marca de chegada na bancada. Sem executar uma análise em termos da distância percorrida por cada um e pelo tempo gasto, ambos os estudantes afirmam que os carrinhos têm velocidade similar porque ocupam a mesma posição no instante de chegada.

O segundo tema (tema B) abarca declarações nas quais os estudantes afirmam que os carrinhos não têm a mesma velocidade e relacionam, de alguma maneira, esse fato à relação entre distância percorrida e tempo gasto no percurso. Como exemplo, destaca-se a resposta dada pelo estudante 2 para a mesma questão depois da primeira atividade experimental, reconhecendo conceitualmente e matematicamente a relação entre as grandezas espaço percorrido e tempo.

*“Não. Eu posso afirmar somente que eles tem o espaço final em comum.  $V=S/T$ , logo, para as velocidades serem iguais, não basta o tempo do percurso ser o mesmo, a distância também tem que ser igual. (Estudante 2).”*

Do mesmo modo foram inseridas nesse tema declarações em que os estudantes reconheciam que os carrinhos não tinham a mesma velocidade na chegada, mas se baseavam no fato de suas velocidades serem constantes e diferentes durante o percurso (Estudante 17). Ainda que não fosse uma explicação com base nos conceitos científicos ou nas relações entre grandezas, demonstra que os estudantes não são conduzidos à concepção alternativa pela simples observação do fenômeno.

*“Não, afinal, suas velocidades são constantes durante todo o percurso e não há como obterem velocidades iguais, já que um era mais lento que o outro (Estudante 17).”*

O terceiro (tema C) envolve declarações que apontam um entendimento diferente daquele aceito cientificamente, mas que divergem da mesma maneira da concepção alternativa descrita no tema A. Nesse caso, os estudantes, ainda que afirmem que os carrinhos não têm a mesma velocidade na posição de encontro, buscam explicações com base em concepções alternativas variadas, afirmando que isso se deve à diferença de massa, força, aceleração entre outros. Assim como pertencem ao tema C justificativas que

não relacionavam as variáveis tempo e distância e/ou não levavam em conta a informação de que as velocidades eram constantes.

Como exemplo destaca-se a declaração do estudante 15 ao responder uma questão do questionário diagnóstico. A questão mostrava uma figura (adaptada do *Force 97 Concept Inventory, Hetenes et al 1992*) que exibia, sobre uma reta milimetrada e a cada segundo, as posições de duas pessoas disputando uma corrida. Os estudantes deveriam ter a percepção de que uma delas estava se deslocando em movimento retilíneo uniforme e a outra em movimento retilíneo uniformemente variado. Dessa maneira, a pessoa que estava se deslocando em MRUV nos primeiros instantes de movimento estava em uma velocidade inferior à outra que se deslocava a MRU. Com o passar do tempo acontecia a ultrapassagem. Era questionado se, em algum ponto do movimento, as duas pessoas tinham a mesma velocidade. A resposta do aluno foi:

*“Não, porque não ha momentos que ambos permaneçam ao menos dois segundos num mesmo local, sendo a cada local que os segundos se encontram um momento de ultrapassagem, onde um móvel estará com velocidade superior que o outro (Estudante 15).”*

O estudante 15 não reconhece que as duas pessoas teriam a mesma velocidade em um determinado momento de tempo, ainda que tivesse posições diferentes. Ademais, o estudante relaciona o fato de terem a mesma velocidade ao tempo de permanência em um mesmo local. Não foi viável entender de que maneira o estudante percebe essa relação, já que não foram executadas entrevistas para que explicassem suas respostas.

A declaração escrita pelo mesmo estudante 15 após realizar a primeira atividade experimental é outro exemplo. Ao ser questionado se podia afirmar que os carrinhos tinham a mesma velocidade quando passavam juntos pela marca posta no final da bancada respondeu da seguinte maneira:

*“Não, pelo fato de que o que é mais veloz está aplicando uma maior aceleração para fazer a ultrapassagem. O carro 1 vai passa [sic] pelo mesmo ponto que o carro 2 em algum momento, só que não com a mesma velocidade (Estudante 15).”*

A justificativa dada pelo estudante 15 no teste diagnóstico é diferente daquela dada à questão respondida após a realização da atividade experimental. Contudo, ele

desconsidera que os carrinhos têm velocidades diferentes e constantes, usando a aceleração como explicação para o fato de haver ultrapassagem.

Mais um exemplo é a declaração escrita do estudante 6 que, após realizar a primeira atividade experimental, respondeu a mesma pergunta anterior do seguinte modo:

*“Não pois eles saíram de posições diferentes e a força que atuava sobre cada um deles era diferente. Essa massa aumenta a inércia do carrinho, assim irá demorar mais para alcançar uma determinada força (Estudante 6).”*

Percebe-se que o estudante 6, além de não considerar que as velocidades eram constantes, confunde os conceitos de velocidade, massa, inércia, força e aceleração como justificativa para a resposta.

A frequência de cada tema pode ser visualizada no gráfico a seguir.

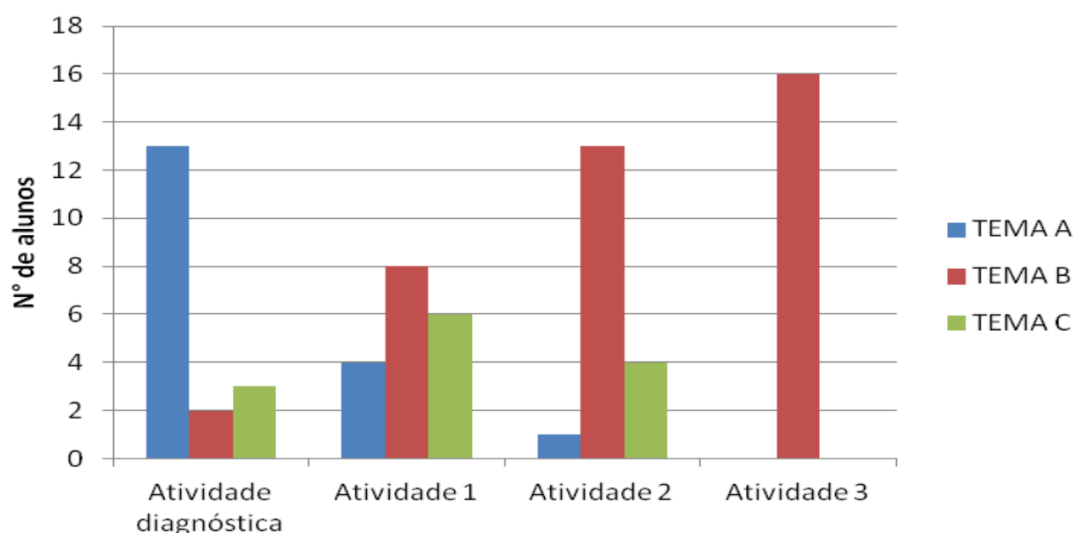


Figura 8: Resultado da evolução conceitual a respeito da concepção alternativa.

O pesquisador deve realizar uma formulação de hipóteses e objetivos é o que orienta a análise de conteúdo, que poderão ser investigados a partir dos indicadores escolhidos (Bardin, 1977, p.98). A hipótese referiu-se ao seguinte questionamento: “será verdade que – tal como sugerido pela análise *a priori* do problema e pelas minhas leituras – é viável a percepção de uma maior compreensão dos alunos com relação ao conceito de velocidade e contribuições das atividades investigativas para isso?” Os indicadores de evolução conceitual foram declarações que indicavam o entendimento, pelo estudante, de

que o fato de dois corpos em movimento estarem na mesma posição não significa, essencialmente, que possuam a mesma velocidade.

Conforme se observa na Figura 8, as respostas da maioria dos alunos após a atividade diagnóstica apresentam declarações que exibem a concepção alternativa. Ainda que depois de uma instrução formal no estudo de cinemática, que foi realizada no primeiro bimestre, os estudantes ainda pensavam de acordo com as concepções alternativas. Isso confirma que tais concepções são persistentes, resistentes à mudança e são barreiras à aprendizagem de conhecimentos cientificamente aceitos (PINTÓ *et al.*, 1996); (PIETROCOLA, 2001).

Nota-se que, após a execução da primeira atividade, houve uma diminuição no número de declarações relacionadas ao tema A - frequentes no teste diagnóstico - e aumento do número de declarações referentes ao tema B e C. Assim sendo, a atividade parece ter contribuído para a evolução conceitual de alguns estudantes. Alguns deles se aproximaram da concepção cientificamente aceita e outros apenas se distanciaram da concepção alternativa inicial, evidenciada no teste diagnóstico. Esse resultado corrobora com as discussões levantadas neste trabalho por Mortimer (1996) e por Pozzo e Crespo (2009), que defendem a ideia de que uma evolução conceitual não essencialmente seria a passagem de uma forma de pensar intuitiva para uma científica e sim uma mudança na forma de pensar do estudante.

Acontece uma diminuição das declarações relacionadas às duas formas de concepção alternativa (tema A e tema C) e aumento das declarações relacionadas ao tema B, após a realização da atividade dois.

Os estudantes, ao testarem suas hipóteses, eram postos diante de contextos que produziam “conflito cognitivo” (CARVALHO, 1992), sobretudo ao descobrirem que os carrinhos que haviam sido utilizados na primeira atividade não possuíam a mesma velocidade, contrariando as declarações fornecidas anteriormente. Contextos de conflito cognitivo têm uma importante função na evolução conceitual. Todavia, do mesmo modo como discutido pela literatura, os resultados evidenciam que uma atividade apenas não foi suficiente para que todos os alunos evoluíssem conceitualmente da concepção alternativa inicial para o conhecimento envolvido no tema B. Tornou-se preciso uma sequência de atividades investigativas para que se alcançasse esse objetivo

(CARVALHO, 2013). Dessa maneira, é possível notar que, mesmo após a realização de duas atividades experimentais com uma metodologia de ensino investigativa, ainda verifica-se a presença de declarações relacionadas às diferentes concepções alternativas.

Após a realização das três atividades todas as declarações estavam de acordo com aquele conhecimento considerado no tema B, o que indica que a sequência de atividades proposta atingiu seu objetivo em promover uma evolução conceitual daqueles alunos. Algumas declarações dos alunos, quando perguntados sobre mudanças percebidas com relação às suas ideias iniciais, corroboram com essa conclusão.

*“Antes, eu não entendia porque não é possível afirmar que a velocidade no momento que atravessam a linha é a mesma, diferente de agora que pude tornar isso mais concreto. (Declaração dada após a realização da segunda atividade pelo estudante 8).”*

*“A principal coisa que mudou para mim foi que antes eu pensava que móveis no encontro tinham velocidades iguais. Porém depois de um exemplo prático, penso totalmente diferente. (Declaração dada após a realização da terceira atividade pelo estudante 6).”*

Averigua-se neste trabalho que, a utilização dessa sequência de atividades experimentais, pensada na proposta investigativa, tem potencial para contribuir para um melhor aprendizado dos conceitos físicos dos alunos de ensino médio.

### **5.3 Estudo 3: investigação da evolução no conceito de velocidade (qualitativo e quantitativo)**

Por meio das análises das produções escritas dos estudantes, pesquisou-se a viável evolução no conceito de velocidade ao passo que executavam as atividades propostas.

O entendimento do conceito de velocidade abarcaria a compreensão qualitativa (por exemplo, velocidade enquanto rapidez de um corpo) e do mesmo modo o reconhecimento de que esta depende da distância, do tempo gasto e de como essas grandezas se relacionam. Isso porque é um conceito com caráter matemático, por se tratar de uma taxa de variação.

O indicador de evolução foi o reconhecimento ou o entendimento da obrigação de relacionar, enquanto quociente, as variáveis distância percorrida (deslocamento) e tempo gasto (variação de tempo). Esta análise foi realizada pela frequência ponderada (Bardin, 1977) com pesos definidos nos próprios temas.

Revelou-se a viabilidade de três temas por meio da leitura flutuante das respostas dadas às questões do questionário diagnóstico e dos registros escritos após a realização das atividades.

O primeiro (tema -1) com peso (-1), abarca declarações que não reconhecem a necessidade das variáveis de distância percorrida (deslocamento) e variação de tempo para determinar a velocidade de um móvel. Como exemplo, destaca-se a declaração do estudante 9. Depois da realização da segunda atividade experimental, os alunos necessitavam responder à seguinte questão: "Então, para descobrir a velocidade de alguém, o que nós precisamos conhecer a respeito do seu movimento? Explique com suas palavras".

A resposta dada pelo estudante 9 foi:

*“Para descobrir, nós precisamos saber se o movimento é uniforme, ou seja, sempre igual, sem alteração na sua velocidade, ou se é variado, com alteração na velocidade (Estudante 9).”*

A declaração escrita de outros alunos que responderam a mesma questão da seguinte maneira é outro exemplo:

*“Precisamos saber se a velocidade dele é constante e a aceleração. Para podermos calcular sua velocidade (Estudante 3).”*

*“Para descobrir a velocidade, precisamos saber, primeiramente, se há ou não aceleração, neste caso não havia aceleração, ou seja, movimento retilíneo uniforme (M.R.U.) (Estudante 14).”*

Em todos os casos nota-se que os estudantes focam no tipo de movimento, provavelmente, por terem estudado esse conteúdo recentemente. Dessa maneira, parecem não reconhecer a distância percorrida e o tempo como variáveis relevantes e são conduzidos a focar sua atenção no conceito de aceleração. Ao que tudo indica, estão se

referindo ao cálculo matemático da velocidade com base na utilização da equação na qual a aceleração deve ser informada.

O segundo (tema +1) com peso (+1), abarca declarações que reconhecem a necessidade de utilização das variáveis de distância percorrida (deslocamento) e do tempo gasto, mas não determina a relação matemática entre elas. Destaca-se, como exemplo, a resposta do estudante 16 dada a mesma questão anterior:

*“Para se descobrir a velocidade de alguém, nós precisamos saber a distância percorrida e o tempo que essa pessoa gastou para chegar no local, mas também temos que saber se aquela pessoa parou na estrada, pois o tempo que nos interessa é o ela estava na estrada, descontando o tempo que ela ficou parada na estrada ou em outro lugar (Estudante 16).”*

A declaração escrita de outros estudantes que responderam a mesma questão da seguinte maneira é outro exemplo:

*“Para saber a velocidade média, só precisamos da distância que foi percorrida e o tempo necessário para percorrê-la, pois assim tem-se uma média de quanto ela andaria se ficasse constante (Estudante 8).”*

*“Se a velocidade for constante nós precisamos analisar uma parte do movimento e descobrir o tempo que levou para percorrer aquela parte e a distância (Estudante 2).”*

Em todos os casos os alunos reconhecem a necessidade de conhecer a distância percorrida e o tempo gasto. No caso do aluno 16, são feitas outras considerações que não envolvem apenas o ponto de partida e o ponto de chegada, mas acontecimentos intermediários que poderiam interferir nos resultados. O aluno 8 também reconhece a necessidade das variáveis, porém não está claro o sentido dado à palavra "média" e o que ele considera ficar "constante". Embora cite as variáveis distância e tempo, o aluno 2 não parece estabelecer uma relação matemática entre elas e considera apenas o caso em que a velocidade seria constante. Por fim, o aluno 15 aparentemente pensa em termos de alguma equação matemática que envolveria aceleração, velocidade e tempo, mesmo assim, de acordo com o que foi definido para o tema (+1), reconhece que as variáveis tempo e distancia são importantes.

O terceiro (tema +2) com peso (+2), abarca declarações que reconhecem a velocidade enquanto quociente entre as variáveis distância percorrida e variação de tempo. Destaca-se, como exemplo, a resposta dada pelo estudante 9 depois da realização da terceira atividade experimental, ao ser perguntado: "Para descobrir a velocidade de um móvel qualquer o que é necessário saber? Por que?"

*"Para descobrirmos a velocidade de um móvel qualquer, devemos analisar o tempo que ele gasta para percorrer determinado espaço e o tamanho do espaço que foi percorrido e depois dividir o espaço pelo tempo (Estudante 9)."*

A declaração escrita de outros alunos que responderam a mesma questão da seguinte maneira é outro exemplo:

*"É necessário saber o espaço e o tempo demorado para percorrer esse espaço, pois através dessas informações, podemos dividir o espaço percorrido pelo tempo gasto para percorrer, assim encontra-se o valor da velocidade (Estudante 12)."*

*"É necessário saber a distância que o móvel percorreu e também o tempo que ele gastou para concluir aquele trajeto percorrido, porque você sabendo essas duas informações, você consegue dividir o espaço pelo tempo e achar a velocidade (Estudante 16)."*

Em todos os casos, os alunos reconhecem explicitamente a relação matemática entre as variáveis tempo e distância percorrida. É relevante enfatizar que essas afirmações foram dadas depois de os alunos executarem a atividade experimental 3, isto é, após terem sido colocados diante de diferentes contextos para debaterem o conceito de velocidade.

Baseado nesses temas e na análise das respostas dos questionários respondidos pelos estudantes foi produzido o gráfico da figura 2.

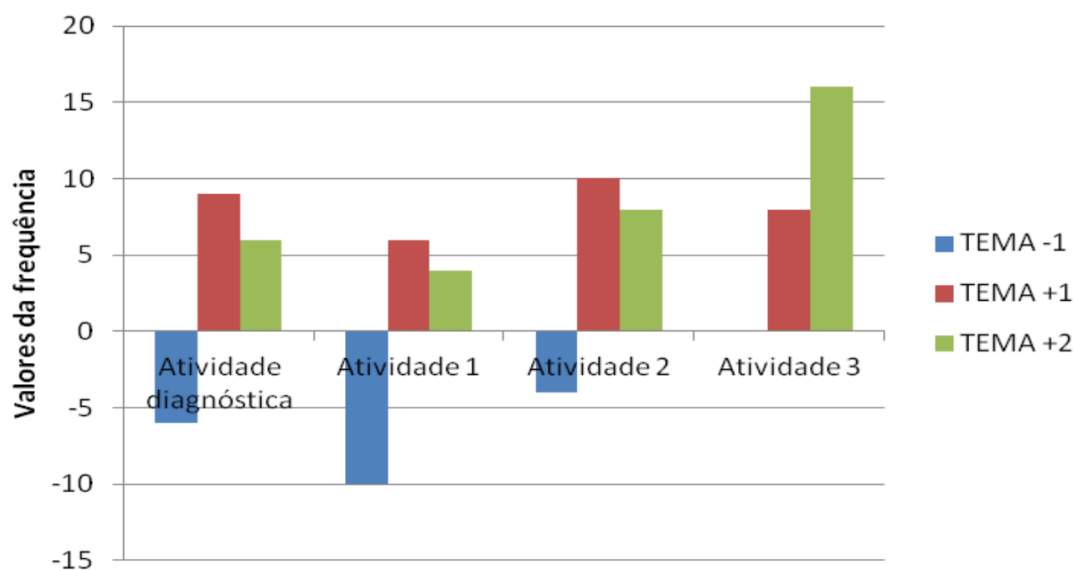


Figura 9: Resultado indicador da evolução conceitual a respeito do conceito de velocidade.

De acordo com o que se observa na Figura 9, as duas últimas atividades contribuem melhor para a evolução do entendimento do conceito de velocidade em termos do reconhecimento das grandezas envolvidas e de suas relações. Em virtude de que a primeira atividade conduziu os estudante ao estabelecimento de relações qualitativas, as atividades dois e três oportunizaram aos estudantes calcularem os valores das velocidades dos carrinhos e comprovarem a conclusão a qual haviam chegado na atividade 1.

À vista disso, atividades de caráter investigativo podem ser utilizadas da mesma maneira para o desenvolvimento do raciocínio matemático. Isto é, as atividades experimentais dois e três, desenvolvidas neste trabalho, são complementares às atividades do tipo da atividade um. Dado que os alunos têm um entendimento conceitual e conseguem estabelecer relações qualitativas, essas atividades (dois e três) complementam esse saber, levando a um aprofundamento que abarca relação entre grandezas e reconhecimento de grandezas envolvidas.

Os professores costumam trabalhar, em um contexto de sala de aula, o conteúdo com base desde o início nas equações matemáticas. Uma proposta defendida neste trabalho é a de inicialmente trabalhar com os alunos a parte conceitual do conteúdo de velocidade e, após isso, apresentar atividades que levem os alunos a construírem as relações matemáticas. Então, as relações matemáticas a respeito do conteúdo de velocidade são construídas pelos alunos com base em um conhecimento conceitual inicial, o professor não dá a equação pronta, o aluno a constrói através da atividade.

Tanto na atividade dois quanto na atividade três, a questão a ser investigada pelos alunos durante o experimento era a velocidade dos carrinhos. Durante a tentativa de atingir esse objetivo os alunos eram levados a pensar e a testar suas hipóteses. De acordo com Carvalho (2013), uma importante característica das atividades investigativas é justamente a oportunidade dada aos alunos em testar suas próprias concepções. Os alunos, na tentativa de explicar como chegaram ao resultado, e por que, foram forçados a sistematizar o conhecimento e a ampliar seus próprios vocabulários. Isso confirma o que disse Carvalho (2013), "é o início do aprender a falar ciência".

Percebe-se que a primeira atividade (atividade um) não contribuiu efetivamente para a evolução conceitual e/ou matemática do conceito de velocidade. Isso se justifica pelo fato de que essa atividade foi pensada, pelo pesquisador, com objetivo apenas de iniciar uma evolução na concepção alternativa que mais apareceu no teste diagnóstico. Porém, juntamente com as demais, compôs um cenário que conduziu os alunos a repensarem o conceito de velocidade. Assim, o que se percebe é que a sequência de atividades proposta atingiu seu objetivo em contribuir para uma evolução no conceito de velocidade, tanto conceitualmente, quanto matematicamente. Isso confirma a importância de uma sequência de atividades investigativa, o que está de acordo com o referencial deste trabalho e com os resultados de estudos anteriores (AZEVEDO, 2006; CARVALHO, 2013; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011; CARVALHO *et al*, 1998 e MUNFORD e LIMA, 2007).

Vale a pena resaltar que, apesar de estarmos considerando que a sequência de atividades proposta atingiu seu objetivo, percebe-se (Figura 9) que, após a realização da atividade três, alguns alunos ainda foram enquadrados no (tema +1). Ou seja, estes alunos reconheceram a importância das variáveis de distância e tempo para determinar a velocidade, mas ainda não a relação matemática entre elas. Isso resulta no fato de que é necessária a realização de outras atividades com a mesma perspectiva investigativa. Este fato não contesta o resultado já mostrado, haja visto que em uma evolução conceitual não há a necessidade de, ao final, todos possuírem o conhecimento cientificamente aceito (MORTIMER, 1996; POZZO e CRESPO, 2009). É importante que, ao final, todos tenham saído de um estágio de conhecimento mais intuitivo e se aproximado de um conhecimento mais formal, cientificamente aceito. A sequência de atividades proposta neste trabalho parece ter contribuído para a evolução conceitual de todos os alunos, pois,

de acordo com a Figura 9 não há nenhum aluno no tema -1 após a realização da atividade três.

Verifica-se que esta sequência apenas não foi suficiente em fazer com que todos os alunos envolvidos nesta pesquisa chegassem ao conhecimento cientificamente aceito a respeito do conceito de velocidade. Observa-se na Figura 9 que, mesmo após a realização da terceira atividade experimental, há alunos que se enquadram no tema +1, o que leva o pesquisador a concluir que é necessário a realização de novas intervenções com os alunos pelo professor. Porém, acredita-se que aplicar esta sequência de atividades investigativas logo no início do estudo do conceito de velocidade seria uma boa metodologia de ensino.

## Capítulo 6: Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi realizar uma investigação acerca da viabilidade de colaboração de atividades investigativas para o desenvolvimento conceitual do conceito de velocidade. Para tal fim, realizou-se uma pesquisa das concepções alternativas primordiais expostas pelos estudantes, da concepção mais simples entre os alunos e geradas atividades que pudessem promover uma contribuição para o seu desenvolvimento conceitual.

Embora já tivessem estudado cinemática, os alunos exibiam um entendimento com base em concepções alternativas que foram mostradas por meio da aplicação do teste de diagnóstico. Esse cenário corrobora com o que tem sido colocado como frutos de outras pesquisas que apontam a dificuldade de mudar as concepções alternativas que se tornam grande desafio ao aprendizado, já que são resultados de observações de uma vida inteira (PIETROCOLA, 2001); (CARVALHO e TEIXEIRA, 1985); (CARVALHO, 2013); (POZO e CRESPO, 2009); (MORTIMER, 1996). Ademais, tornou-se viável a percepção da concepção proposta por Leite (1993) – dois móveis possuem velocidade similar no momento em que se cruzam, pois se encontram ao mesmo tempo na mesma posição – foi a mais achada nas respostas fornecidas pelos estudantes. Isso colaborou para a construção das atividades investigativas e para os guias que os estudantes utilizaram no decorrer das atividades.

Demonstraram-se satisfatórias as atividades sugeridas nesta pesquisa em alcançar os objetivos estabelecidos na mesma. No decorrer das atividades, de maneira oposta ao que comumente é realizado em sala de aula, os estudantes foram conduzidos a elaborar e testar suas hipóteses, além de debater os resultados obtidos com a equipe. Uma boa tática de ensino/aprendizagem que se demonstrou foi a gênese de circunstâncias de “conflito cognitivo”, pondo os estudantes diante de circunstâncias nas quais suas concepções alternativas inábeis na resolução do problema colocado (ZYLBERSZTAJN, 1983); (CARVALHO e TEIXEIRA, 1985); (PEDUZZI e PEDUZZI, 1985).

Os estudantes puderam ter um desenvolvimento conceitual tanto quantitativo quanto qualitativo através das atividades dois e três, o que evidencia que as atividades

investigativas podem ser utilizadas com o objetivo de desenvolver as concepções dos estudantes matematicamente.

Nessa perspectiva, levantar discussões e reflexões acerca das atividades experimentais que historicamente são desenvolvidas e procurar alternativas que aproveitem, do melhor modo, o espaço que escolas (como os IFAM) possuem para este trabalho. Os resultados obtidos concordam com as pesquisas que têm apontado que alunos de todos os níveis aprendem com maior facilidade quando sujeitos a um método que se fundamenta na investigação científica, parecida com a executada em laboratórios científicos (AZEVEDO, 2006; CARVALHO, 2013; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011; CARVALHO *et al*, 1998 e MUNFORD e LIMA, 2007).

É defendida, quanto às consequências para o ensino, ou para a sala de aula, a utilização das atividades investigativas em paralelo às aulas teóricas. O professor não tem como realizar uma investigação acerca do saber primordial dos estudantes através das atividades experimentais tradicionais. Logo, a utilização de atividades experimentais investigativas proporciona ao professor a viabilidade de gerar “conflitos cognitivos” além de auxiliá-lo na investigação das concepções alternativas e, dessa forma, fazer um planejamento de suas aulas, ademais, isso proporciona aos estudantes a oportunidade de desenvolverem conceitualmente chegando mais perto do saber cientificamente aceito.

É defendida, também, por esta pesquisa que uma boa tática de ensino seria a aplicação de sequências de atividades experimentais investigativas, no intuito de conduzir os estudantes a elaborarem, ou notarem, as relações matemáticas antes que sejam trabalhadas as equações pelo professor de modo formal.

A possibilidade para pesquisas mais detalhadas tornou-se possível por meio desta pesquisa aqui desenvolvida, criação de outras atividades, elaboração de táticas metodológicas, e mais debates acerca da utilização de sequências de atividades investigativas no ensino de física. Evidencia a relevância de refletir novas possibilidades de uso do laboratório, que evitem a forma tradicional na qual o estudante obedece uma cartilha fechada no intuito de realizar uma verificação de um fenômeno, se transformando em um coletor de medidas (AZEVEDO, 2006). Ademais, apresenta sugestões para o uso diferenciado dos kits que são adquiridos pelas escolas e que exibem atividades com foco somente na coleta de dados.

Em suma, uma boa tática de ensino é uma aula experimental refletida como uma investigação científica. Esse modo de usar o laboratório da escola, divergente da tradicional, cativou os estudantes. Em testemunhos eles diziam que as aulas experimentais os auxiliaram a compreender melhor o conceito de velocidade.

*“Agora a forma de entender sobre velocidade em ponto de encontro ficou mais clara já que o experimento deixa isso bem obvio mostrando no cronômetro e dando a chance de entender e calcular (Declaração dada pelo estudante 8 após a última questão da 3ª atividade).”*

*“Como já citei agora recito, essas aulas experimentais fizeram com que eu tivesse uma visão mais ampla do assunto de velocidade, auxiliando assim no aprendizado da teoria. Tive grande satisfação de ter participado dessa pesquisa (Declaração dada pelo estudante 6 após a última questão da 3ª atividade).”*

As propostas demonstradas neste trabalho não esgotam o assunto tratado nesta pesquisa. Tais propostas podem ser executadas de maneira similar a outros conteúdos. Dessa forma, há um enorme campo de trabalho a se fazer se considerar os diversos conceitos físicos que podem ser abordados e nas diversas chances de montagem experimental com os kits que são aceitos pelas escolas. Logo, é esperado que este trabalho motive o uso das atividades investigativas em outras situações.

# Referências Bibliográficas

ABIB, Maria L. V. dos S. Por que os objetos flutuam? Três versões de diálogo entre explicações das crianças e as explicações científicas. In: CARVALHO, Anna Maria P. de (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 6, p. 93-110.

AZEVEDO, Maria. Cristina. P. Stella. de. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: \_\_\_\_\_. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.). São Paulo. Pioneira Thomson, 2006, p. 19-33.

BAPTISTA, Mónica Luísa Mendes. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. Tese de doutoramento, Educação (Didáctica das Ciências)-Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Persona, 1977.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A. **O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica**. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba, p. 1-12.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**, Brasília: MEC, 1997.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais /Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC /SEF, 1998, disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>> Acesso em: junho de 2014.

CARVALHO, A. M. P.; TEIXEIRA, O. P. B. **O Conceito de Velocidade em Alunos da 5º série do 1º grau: um Estudo a partir de Questões Típicas de Sala de Aula**. São Paulo: R. Fac. Educ. 11 (1/2), 1985. p.173-191.

CARVALHO, Anna. Maria. Pessoa. de. **Construção do conhecimento e ensino de ciências**. Em Aberto, Brasília, ano 11, nº 55, jul./ set. 1992.

CARVALHO, Anna. Maria. P. de. *et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, Anna Maria P. de. **Crítérios estruturantes para o ensino das ciências**. In: \_\_\_\_\_. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.). São Paulo. Pioneira Thomson, 2006, p. 1-17.

CARVALHO, Anna Maria P. de. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, Anna Maria P. de (Org.). Ensino de Ciências

por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 1, p. 1-20.

GOMES, Luciano Carvalhais. **Concepções alternativas e divulgação: análise da relação entre força e movimento em uma revista de popularização científica.** 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. **Force Concept Inventory.** Physics Teaching. v. 30, p. 141–158, 1992.

LEITE, Laurinda Souza Ferreira. **Concepções Alternativas em Mecânica Um Contributo para a Compreensão do seu Conteúdo e Persistência.** Tese de Doutorado - Universidade do Minho, Braga, 1993.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** 3º edição, São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1999.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos?.** Investigações em Ensino de Ciências. v.1, n.1, p.20-39, 1996.

MUNFORD, Danusa.; LIMA, Maria. Emília. de Castro. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?. **Revista Ensaio**, v. 9, n. 1, 2007.

OLIVEIRA, C. M. A.; CARVALHO, A. M. P. **Escrevendo em aulas de Ciências.** Ciência e Educação (UNESP), v. 11, p. 347-366, 2005.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, Sônia S. **O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton.** Cad. Cat. Ens. Fis. v.2, n.1, p.6 -15, 1985.

PIETROCOLA, M. **Construção e Realidade: o Papel do Conhecimento Físico no Entendimento do Mundo.** In: Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Abordagem Integradora. PIETROCOLA, M. (org). Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PINTÓ, R., ALIBERAS, J. e GÓMEZ, R. **Tres enfoques de la investigation sobre concepciones alternativas.** Enseñanza de las Ciencias, 14(2), 1996, p. 221-232.

POZO; J.I. CRESPO; M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências.** artmed, 2009.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. **Investigation of the concept of velocity in one dimension.** *American Journal of Physics*, V.48(12), Dec, 1980.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. **Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension.** *American Journal of Physics*, V.49(3), p.242-253,1981.

ZÔMPERO, Andréia. Freitas.; LABURÚ, Carlos. Eduardo. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens.** Revista Ensaio v.13, n.03, p.67-80, 2011.

ZYLBERSZTAJN, A. **Conceitos espontâneos em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino.** Rev. Ens. Fís. v.5, n.2, p.3-16, 1983.

WATTS, D. M.; ZYLBERSZTAJN, A. **A survey of some children's ideas about force.** Phys. Educ. v.16, n.6, p.360-365, 1981.

WILSEK, M.; TOSIN, J. Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas. Estado do Paraná, v. 3, n. 5, 2012. Disponível em:

<<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf>> Acesso em: junho de 2014.

# **APÊNDICE A**

## **Produto Educacional**

Caro colega professor,

Elaborou-se este material no intuito de se fazer uma colaboração para a formação integral de nossos estudantes do Ensino Médio. Dessa forma, o tratamento que será feito aqui está centrado em atividades investigativas, que, crê-se, torna o processo de ensino mais eficiente. Nesse sentido, serão exibidos estudos das concepções alternativas acerca da velocidade, e também serão propostos experimentos que têm como objetivo um desenvolvimento do conceito dessas concepções alternativas aproximando-as dos saberes cientificamente aceitos.

Para que o estudante desenvolva suas concepções em relação ao conceito de velocidade, você, caro professor, precisa propiciar espaços para debate do assunto em sala de aula, fazendo com que o aluno participe ativamente do processo de ensino e não se torne apenas receptor de informação. Crê-se que este estímulo pode vir por meio de atividades com caráter investigativo.

Por fim, espero que este material venha ao encontro das pretensões de educadores em promover aos seus estudantes uma viabilidade de desenvolvimento de conceito aproximando seus pensamentos dos saberes cientificamente aceitos.

Bom trabalho!

Abraço, Everson.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Carrinho com retropropulsão .....	104
Figura 2: Trilhos de ar com sensores fotoelétricos, vista lateral. ....	107
Figura 3: Sensores fotoelétricos, vista aproximada. ....	107

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução .....</b>	<b>78</b>
<b>2 Concepções Alternativas e o Ensino/Aprendizagem da Física .....</b>	<b>81</b>
<b>3 O Conceito de Velocidade Atrelado às Concepções Alternativas .....</b>	<b>84</b>
<b>4 Alteração Conceitual .....</b>	<b>87</b>
<b>5 Atividades Experimentais Investigativas Como Alternativa Ao Laboratório Tradicional De Física .....</b>	<b>91</b>
<b>6 Propostas de Atividades Experimentais Investigativas Abordando o Conceito de Velocidade .....</b>	<b>93</b>
6.1 Primeira Atividade: Corrida De Carrinhos .....	93
6.2 Segunda Atividade: Corrida De Carrinhos .....	94
6.3 Terceira Atividade.....	95
<b>7 Dicas Importantes para a Realização dos Experimentos .....</b>	<b>98</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>99</b>
<b>Apêndice B .....</b>	<b>103</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Pesquisadores da área do ensino têm apontado diversos problemas que a educação brasileira demonstra dificuldades em encontrar soluções práticas e relevantes. Problemas como: o conhecimento dividido em partes e distribuído nas disciplinas, a grande quantidade de informações dos currículos que afastam a experiência e o pensamento crítico dos conteúdos ensinados nas escolas, professores sobrecarregados com a carga horária de trabalho que às vezes é elevadíssima, aulas fragmentadas e conteúdos muito extensos.

Após a graduação, muitos dos professores não investem seu tempo em pesquisas, como exemplo pode-se citar grande parte dos professores tanto da rede pública de ensino quanto da privada. No ensino de Ciências, essas questões podem ser notadas pela dificuldade do estudante em relacionar a teoria desenvolvida em sala com a realidade a sua volta, não reconhecendo o conhecimento científico em situações do seu cotidiano. Aliado a essas questões tem-se o grande obstáculo de transforma o ensino de ciências em algo prazeroso, instigante, mais interativo, dialógico e baseado em atividades capazes de persuadir os estudantes a admitirem as explicações científicas para além do contexto escolar (WILSEK e TOSIN, 2012).

Pesquisadores, professores e parte dos governantes têm se preocupado constantemente com o grande índice de dificuldade e a falta de interesse e de motivação para o estudo da Física, tanto em nível básico quanto no universitário. Em geral, o estudante que termina seus estudos em nível médio e inicia um curso universitário passa por enormes dificuldades em acompanhar as disciplinas da física básica, e é nos conceitos da mecânica que esses problemas mais se acentuam (WILSEK e TOSIN, 2012).

O conhecimento prévio que os estudantes apresentam na forma de concepções alternativas que eles têm sobre a física se apresenta como um dos problemas encontrados para essa dificuldade. De acordo com Peduzzi (1985), o princípio desses conhecimentos está no fato da criança, desde a infância, absorver e desenvolver crenças e explicações sobre o mundo em que vive. Crenças estas, que não são simples ideias isoladas, mas apresentam-se como partes de estruturas conceituais que proporcionam uma compreensão

coerente do mundo, mas que, na maioria das vezes, está em desacordo com as teorias científicas.

As concepções alternativas ganharam importância nos processos de ensino e aprendizagem, passando-se a aceitar que elas, frequentemente em contradição com o conhecimento científico, interferem na forma de assimilação dos conceitos científicos, e que costumam persistir após a instrução.

É imprescindível que, de acordo com Watts e Zylbersztajn (1981), para que o estudante passe da visão do senso comum para a cientificamente aceita, as estratégias de ensino contemplem: a consciência, por parte do professor, da existência e resistência das concepções alternativas; o conhecimento de algumas das formas que estas estruturas conceituais podem assumir; uma atitude positiva para estas concepções e vontade para usá-las como pontos de partida para o ensino.

Essa preocupação chegou até aos documentos oficiais, como, no caso do Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997), que priorizam a capacidade de reflexão do professor sobre sua maneira de ensinar e que este oriente suas aulas segundo uma metodologia ativa e participativa. Para isto, é imprescindível considerar o mundo em que o aluno vive, assim como os problemas e as indagações que movem sua curiosidade, relacionando o novo material de estudo com suas noções prévias, de forma que este material tenha significado para ele, tendo em vista a aprendizagem.

*“[...] questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação (BRASIL, 1998, p. 8).”*

O fato de os resultados das concepções alternativas não estarem chegando às classes de aula tem se constatado um problema que exige uma solução, embora não seja nenhuma novidade o estudo acerca das concepções alternativas. Essas estruturas intuitivas continuam sendo uma das grandes dificuldades apresentadas pelos alunos, de qualquer nível de escolaridade, na aquisição do saber científico, uma vez que elas são resistentes a mudanças.

Desde que a educação se tornou sistemática é possível perceber o uso das tecnologias em seu suporte mais básico, como por exemplo a tecnologia do giz e do quadro negro, hoje substituídas, em sua maioria, por recursos tecnológicos digitais como projetores de multimídia e lousas interativas, além disso há os livros didáticos que vão, aos poucos, sendo substituídos por livros digitais que podem ser usada em tablets, notebooks e outros.

## 2 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E O ENSINO/APRENDIZAGEM DA FÍSICA

O momento que antecede o ingresso do indivíduo na escola é onde começa o processo de aprendizagem das ciências. Cada indivíduo, desde bastante cedo, dispense um esforço com o intuito de conquistar, de algum modo, uma explicação do mundo que o cerca. Dessa forma, a criança vai no decorrer da vida elaborando ideias e conceitos próprios acerca dos fenômenos que ela observa e experimenta, e essas ideias são chamadas de concepções alternativas (CARVALHO e TEIXEIRA, 1985); (CARVALHO, 2013); (POZO e CRESPO, 2009); (MORTIMER, 1996); (PINTÓ *et al*,1996).

*“Segundo hipóteses muito recentes e sugestivas, os bebês já dispõem a partir do nascimento, de verdadeiras ideias ou teorias sobre o mundo dos objetos e das pessoas (KARMILOFF e SMITH, 1992 apud POZO e CRESPO, 2009, p. 90).”*

Mesmo que também se costume denominá-las de concepções espontâneas, concepções errôneas, ideias erradas ou *misconceptions*, denominações que possuem uma conotação valorativa entraram em desuso, pois as explicações dos estudantes, embora não seja cientificamente aceitas, são toleradas, e mais do que isso, tido como algo onde se podem “ancorar” os novos saberes (LEITE, 1993). Logo, nesse trabalho serão chamadas de concepções alternativas por serem alternativas ao saber cientificamente aceito. Dessa forma, concepções alternativas são ideias ou modelos elaborados pelos indivíduos/estudantes para que façam explicações dos fenômenos presentes no seu cotidiano. Essas ideias, que por vezes divergem das teorias e conceitos cientificamente aceitos, passam a ser desenvolvidas desde a infância e são pautadas em observações cotidianas e nas interações do sujeito com a sociedade/ambiente que no qual esta inserido. Elas existem para os mais variados fenômenos e são um grande desafio no aprendizado dos alunos, pois mudá-las é bastante difícil, dado que são fruto de observações de toda uma vida (PINTÓ *et al*,1996); (PIETROCOLA, 2001).

Mesmo que esse processo de aprendizagem, baseado na experimentação cotidiana, envolvesse para cada indivíduo uma evolução cognitiva única, o caráter social

dos conceitos, assim como a similaridade das experiências com o ambiente, são compartilhados entre as diferentes pessoas de diferentes idades e classes sociais, fazendo com que eles exibam modos de pensar comuns ou similares (LEITE, 1993); (PIETROCOLA, 2001). Isto é, as experimentações vivenciadas por pessoas diferentes são muito semelhantes, haja visto que a vida cotidiana de diferentes indivíduos em diferentes partes do mundo se parecem muito. Assim sendo, todos os habitantes do planeta experimentam os mesmos fenômenos físicos, exemplo: temperatura, luz, relâmpagos, chuva, calor, vento, movimentos, entre outros. Isso se transforma em ideias muito similares acerca dos muitos conceitos e fenômenos e, ainda, em definições e explicações muito parecidas destes. Logo, as concepções alternativas que os alunos de mesma idade e de mesmo nível de escolaridade possuem acerca de um determinado conceito são semelhantes e nem sempre cientificamente corretas, independente de sua cultura, classe social, etc. (WATTS e ZYLBERSZTAJN, 1981; ZYLBERSZTAJN, 1983; PEDUZZI e PEDUZZI, 1985; TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1980; TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1981; CARVALHO e TEIXEIRA, 1985). Portanto, mesmo que existam diversidades nas visões que os estudantes possuem acerca dos fenômenos físicos, existem padrões e tendências gerais de pensamento.

Em ciências, uma linha significativa de pesquisa acerca do ensino/aprendizagem se originou a partir do saber das concepções alternativas. Mesmo que estas já sejam muito conhecidas, investigações atuais ainda abordam esse saber com o objetivo de sugerir táticas de ensino e mecanismos didáticos que possibilitem para o seu desenvolvimento. A razão disso é o fato de que tais concepções estão estruturadas cognitivamente nos estudantes, e segundo Ausubel (*et al*, 1980 *apud* MOREIRA, 1999), o novo aprendizado é modificado por aquilo que o estudante já conhece, isto é, um novo saber é sempre “apoiado” em um saber já presente no estudante.

Cabe salientar que, no decorrer do tempo, tais concepções vão se modificando e/ou evoluindo com a aquisição de novos saberes. No entanto, embora adquiram um conhecimento formal, a tendência é continuar coexistindo com o saber científico (MORTIMER, 1996). Logo, pode-se dizer que elas passam a se constituírem como impedimentos para o saber científico que é aceito na escola.

A sociedade e os meios de comunicação são outro fator determinante para a resistência e permanência das concepções alternativas.

As crianças, submetidas às mensagens veiculadas através os meios de comunicação, se deparam com pressuposições subentendidas acerca de como se dá o movimento dos

objetos, sua energia e suas propriedades, o que pode divergir diretamente com o saber científico divulgado na escola. No ambiente social, esses estudantes são constantemente instruídos em saberes não científicos. Uma investigação de notícias de jornais e da linguagem do dia a dia evidencia a divulgação dessa ação destruidora. (SOLOMON, 1983, p. 49 *apud* GOMES, 2008, p. 16).

Segundo Pozo e Crespo (2009) sabemos que:

*“Em nossa cultura, a informação flui de modo muito dinâmico, mas também muito menos organizado. O aluno é bombardeado por diversos canais de comunicação que proporcionam, praticamente sem qualquer filtro, conhecimentos supostamente científicos que, contudo, podem ser pouco congruentes entre si. (POZO e CRESPO, 2009, p. 93-94).”*

Dessa forma, o professor precisa encarar de frente o fato de que necessitará saber quais são os pensamentos que os estudantes arquitetaram ao longo do tempo e de que maneira se originaram, além de entender suas relações e o sentido que possui para aqueles que os detêm. É imprescindível que assim seja para que o professor possa esboçar novas táticas de ensino, que objetivem um desenvolvimento das concepções em direção ao saber científico.

Portanto, para que haja um desenvolvimento conceitual dos estudantes é essencial que o professor tenha em mente a relevância e as consequências das concepções alternativas, é preciso saber lidar com elas.

### 3 O CONCEITO DE VELOCIDADE ATRELADO ÀS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

O período correspondente às décadas de 1970 e 1980, como foi exposto anteriormente, foi o momento de maior pesquisa acerca das concepções alternativas atribuídas a conceitos de Física. Dessa forma, os alunos têm, atualmente, concepções acerca do conceito de velocidade bem distintas e bastante pesquisadores têm publicado neste campo. Porém cabe salientar que Piaget, ao que parece, foi o precursor das investigações neste campo (LEITE, 1993).

Seu trabalho com crianças de 4 a 14 anos (PIAGET, 1972 *apud* LEITE, 1993), executado com a técnica da entrevista clínica aponta-nos concepções descobertas por ele acerca do conceito de movimento (LEITE, 1993):

- i) O movimento é analisado de acordo com a intuição através da posição de largada e sobretudo de chegada e, dessa forma, posições semelhantes de chegada sugerem alterações similares de lugares (distância percorrida);
- ii) São semelhantes dois caminhos quando suas posições de chegada forem coincidentes, apesar das distâncias que têm de trilhar em cada caminho para alcançar a posição de chegada. Portanto, as pessoas não diferem deslocamento de distância percorrida;
- iii) Ao se comparar dois objetos em movimentos paralelos, um objeto será classificado mais célere do que o outro caso esteja posicionado à frente deste ou se superá-lo. Assim, a posição ou a alteração da posição é que sugere a velocidade relativa;
- iv) Dois objetos se movimentam à mesma velocidade se atingirem simultaneamente ao mesmo destino, sem levar em conta o caminho percorrido;
- v) Um objeto A é mais célere do que um objeto B se a posição de destino de A estiver adiante do destino de B;
- vi) Dois objetos têm velocidade similar no momento em que se encontram, pois se cruzam ao mesmo tempo na mesma posição;
- vii) A longitude da ascensão é maior, e não similar à da queda. Segundo as crianças investigadas, o ato de ascender demanda mais esforço e por essa razão sua longitude é maior;

- viii) Uma longitude trilhada em um movimento contínuo é divergente à soma das partes desta mesma longitude no momento em que o movimento acaba e prossegue com uma velocidade divergente.

Com base no estudo de Piaget, Trowbridge e McDermott (1980) executaram pesquisas acerca do entendimento do conceito de velocidade com estudantes inscritos em uma enorme diversidade de cursos de introdução à física na Universidade de Washington. Porém, foram alteradas as atividades de Piaget para que se adequassem aos estudantes da universidade, para que se tornassem quantitativas e se pusesse ao menos uma que simbolizasse um movimento variado. No momento anterior ao início das atividades, realizou-se uma pesquisa para conhecer o grau de concepções alternativas dos alunos. Os pesquisadores se depararam com a ideia de “velocidade” como um vínculo entre a longitude trilhada e o tempo gasto, porém não absolutamente como uma razão. Os estudantes de ensino superior, embora tenham passado por uma experiência de ensino acerca do conteúdo, exibiram complexidade em divergir “chegar em velocidade simultânea” e “chegar no mesmo lugar”, Trowbridge e McDermott (1980) chegam a conclusão, e atestam, que as concepções alternativas persistem e resistem às mudanças.

Em outra pesquisa, acerca do entendimento do conceito de aceleração, os estudantes acreditavam que dois objetos tinham a mesma aceleração no momento em que se encontravam na mesma posição, também se utilizou esse critério na velocidade (TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1980).

Em pesquisas acerca do conceito de rapidez feitas por Perry e Obenauf (1987 *apud* LEITE, 1993) foram encontradas concepções alternativas iguais, tais pesquisas também foram executadas com crianças do 1º ao 5º ano de escolaridade por Moreno e Moreno (1989, p.42 *apud* LEITE, 1993) em uma pesquisa com estudantes do ensino secundário espanhol.

Em mais uma pesquisa, realizada por Cross e Mehegan (1988 *apud* LEITE, 1993) com crianças de 5 a 9 anos, chegou à conclusão de que estas também exibiam concepções alternativas acerca do conceito de velocidade que eram iguais aquelas vistas nas demais pesquisas supracitadas. Segundo Cross e Pitkethly (1991 *apud* LEITE, 1993), as concepções das crianças podem ser resumidas da seguinte maneira: “Se dois objetos se movem com rapidez divergente, o objeto mais lento alcança a mesma longitude, ou uma longitude maior que o objeto mais célere, no mesmo tempo”. Nota-se um desentendimento da relação entre longitude trilhada e o tempo, o que, para os autores, colocaria as crianças em risco diante de uma ação como atravessar uma rua.

No cenário brasileiro, no meio dos pesquisadores que realizaram investigações sobre as concepções alternativas acerca da velocidade exibidas por estudantes em divergentes graus de escolaridade destaca-se o estudo feito por Carvalho e Teixeira (1985), com estudantes da 5ª série do Ensino Fundamental (crianças entre os 10 e 12 anos). A pesquisa teve como intuito realizar uma investigação acerca do como os estudantes da 5ª série conceituavam velocidade com base nas questões tradicionais entregues à elas em sala de aula. As pesquisadoras chegaram à conclusão de que essas crianças possuíam concepções alternativas muito parecidas às que foram encontradas por Piaget em seu estudo. No momento seguinte às respostas dadas para as questões, as crianças presenciavam o movimento em uma maquete, no entanto, isso não se configurou como suficiente para que elas pudessem notar os equívocos em suas concepções e, dessa forma, alterassem suas ideias (o saber científico aceito).

Outros estudiosos brasileiros, Peduzzi e Peduzzi (1985), executaram uma pesquisa com 28 estudantes de ensino superior dos cursos de Química e Física em matérias de introdução à física. O intuito foi reconhecer prováveis concepções alternativas sobre os conceitos de força e movimento dos corpos e averiguar a influência delas no aprendizado das duas primeiras leis de Newton. Com esse objetivo, foi solicitado aos estudantes que respondessem a um questionário com oito perguntas de múltipla escolha onde eram colocados contextos muito simples aos alunos. Obteve-se o mesmo resultado nas duas turmas, a de física e a de química. Os pesquisadores ainda encontraram concepções que colaboram com as que Piaget encontrara como, por exemplo, não diferenciar entre “chegar em velocidade simultânea” e “chegar no mesmo lugar”.

É possível notar com base em tudo o que foi exposto até aqui que concepções alternativas sempre estão presentes até em alunos de grau de ensino superior que já tinham presenciado os assuntos na escola durante o ensino médio, o que corrobora com a assertiva de que as concepções resistem às mudanças.

## 4 ALTERAÇÃO CONCEITUAL

No decorrer de um certo tempo, estudos em ensino que tratavam as concepções alternativas reconheceram que para que os estudantes pudessem aprender os conceitos científicos era necessário abandonar suas concepções alternativas e se apropriar dos conceitos científicos (POZO e CRESPO, 2009). Dessa maneira, a primeira avaliação executada com estudantes deveria sugerir a presença das concepções alternativas e uma última avaliação somente o saber cientificamente aceito. Logo, o sucesso da tática passaria a ser medida através do grau de abandono das concepções alternativas iniciais dos alunos.

As táticas de ensino, para Mortimer (1996), com esse viés de alteração conceitual pressupunha que as concepções alternativas dos alunos poderiam ser alteradas com base nos experimentos. No decorrer do tempo, as táticas de ensino com essa perspectiva acerca da alteração conceitual demonstravam ser ineficientes no alcance de seu objetivo. Como salientou Druit:

*“É preciso afirmar que não há nem um único estudo na literatura de pesquisa sobre concepções dos estudantes no qual uma concepção concreta das que estão profundamente enraizadas nos alunos tenha sido extinta e substituída por uma nova ideia. A maioria das pesquisas mostra que há apenas um sucesso limitado em relação à aceitação dessas ideias novas e que as velhas ideias continuam basicamente "vivas" em contextos particulares. (DRUID, 1999 apud POZZO e CRESPO, 2009. p.125).”*

A possibilidade de que o fator que impediu as táticas de ensino a partir da alteração conceitual de terem sucesso foi o fato de que seria necessário abandonar as concepções alternativas, uma prática de difícil realização e inconveniente, já que esses saberes subsidiam as necessidades desses indivíduos.

*“Uma pessoa com formação científica poderia rir da ingenuidade do pensamento infantil, capaz de inventar a entidade frio em contrapartida ao calor, e de distinguir duas formas de "energia" que podem fluir de um corpo ao outro [...]. No entanto, no seu cotidiano, essa pessoa continuará a usar esses conceitos de uma forma muito natural. Mesmo porque soaria pedante alguém afirmar que "vestiu uma blusa de lã porque ela é um bom isolante térmico, impedindo que o corpo ceda calor para o ambiente”. (MORTIMER, 1996. p.26).”*

Uma sugestão de maior facilidade seria a de uma evolução do conceito, onde os alunos adeririam os conceitos cientificamente aceitos em suas estruturas cognitivas pré-

existentes e dessa forma passariam a ter diversas formas de saber ou representações para desafios ou contextos distintos.

Outros pesquisadores (POZO e CRESPO, 2009), (MORTIMER, 1996), (LINDER, 1993 *apud* MORTIMER, 1996) acolhem o pensamento da autonomia entre os tipos de saber alternativo e científico, de maneira que não passaria a ser preciso substituir um tipo pelo outro e sim uma lucidez de em que momentos utilizar cada um destes tipos de pensamento. Dessa forma, alguns autores (POZO e CRESPO, 2009), (MORTIMER, 1996), (LINDER, 1993 *apud* MORTIMER, 1996) aceitam a ideia da independência entre as formas de conhecimento alternativo e científico, de modo que não seria necessária a substituição de uma forma pela outra e sim uma clareza de em quais situações usar cada uma destas formas de pensar. Com isso, além de saber em que momento utilizar suas concepções alternativas ou os saberes científicos, os estudantes devem ter a capacidade de aprender modelos mais difíceis sob a ótica destes saberes cientificamente aceitos e de realizar previsões exatas:

*“Essa noção permite entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como uma evolução de um perfil de concepções, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através desta noção é possível situar as ideias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico (MORTIMER, 1996, p. 23).”*

Considerar um desenvolvimento do conceito com base nas concepções alternativas também está contido na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. De acordo com este, para que aconteça uma aprendizagem significativa, os estudantes no momento em que são submetidos ao ensino na escola, o conceito novo deve abarcar os conceitos antigos presentes em sua estrutura cognitiva, o resultado é um conceito modificado e mais englobante. Segundo Ausubel:

*“[...] O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL 1980 *apud* POZO E CRESPO, 2009, p 86).”*

Isso significa que o professor tem que pesquisar aquilo que o estudante já sabe acerca do conteúdo com o objetivo de selecionar a melhor tática de ensino.

Dessa forma, toda vez que um indivíduo buscar entender uma novidade, necessita ativar seu saber prévio para sustentar e organizar os novos conceitos. Contudo, ainda que

os estudantes insiram os novos conceitos aos seus saberes prévios, não é segurança de uma aprendizagem exata dos conceitos científicos.

Alguns pesquisadores supracitados, além de colaborarem para reconhecer as concepções alternativas, também colaboraram na produção sugestões para se trabalhar com elas usando-se de diversas táticas e métodos de ensino.

Em uma pesquisa desenvolvida por Carvalho e Teixeira (1985), no momento seguinte ao levantamento das concepções alternativas, os alunos foram submetidos a um aparato experimental no qual puderam simular diversos movimentos, fazer uma verificação de suas primeiras hipóteses e, por conseguinte, alterar suas respostas. Em outra pesquisa, Peduzzi e Peduzzi (1985) propõem que uma tática eficiente de ensino para promoção do desenvolvimento do conceito é submeter os alunos a contextos onde notem que suas concepções alternativas não são suficientes para resolução dos problemas propostos. Nesse contexto, os estudantes são obrigados a recorrer aos pensamentos cientificamente aceitos e a desenvolver suas próprias concepções. Na década de 1980, Zylbersztajn chegou à mesma conclusão, isto é, que uma boa tática de ensino seria submeter os estudantes diante de contextos onde suas concepções alternativas não são capazes de solucionar o problema ou dar explicações acerca do fenômeno. Em seu estudo, o autor propõe como fases a serem desenvolvidas no decorrer das atividades:

- i) A criação de um contexto que leve os estudantes a chamarem suas concepções no intuito de interpretá-las;
- ii) O encorajamento para relatarem oralmente e por meio de desenhos os seus pensamentos;
- iii) O auxílio na enunciação de maneira evidente e resumida os seus pensamentos;
- iv) O encorajamento da discussão acerca dos benefícios e malefícios de divergentes interpretações dos estudantes;
- v) A criação de um conflito cognitivo entre as primeiras concepções exibidas pelos estudantes e algum evento que não possa ser explicado pelas mesmas;
- vi) O apoio na procura de uma resolução e o encorajamento de sinais de uma acomodação de pensamentos;
- vii) O encorajamento da produção de uma concepção nova quando esta for sugerida.

Uma aposta feita por Carvalho (2013), é a de um ensino a partir da pesquisa, que ela chamou de “sequências de ensino investigativas” (SEIs). De acordo a pesquisadora,

elas proporcionam aos estudantes o confronto entre suas concepções alternativas com os resultados alcançados por meio de um desenvolvimento de pesquisa, que não essencialmente deve ser experimental.

Este estudo se propõe a subsidiar atividades experimentais com base nessa tática de ensino. Crê-se que as SEIs são uma forma excelente de colaborar para o desenvolvimento do conceito, aproximando as concepções alternativas do saber cientificamente aceito.

## **5 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS COMO ALTERNATIVA AO LABORATÓRIO TRADICIONAL DE FÍSICA**

Uma pesquisa executada na Escola Estadual Sólon de Lucena aplicando atividades com base no método investigativo produziram bons resultados.

As atividades ocorreram no decorrer do primeiro semestre de 2018 e foram participantes os estudantes do 1º do Ensino Médio. Os estudantes haviam estudado o conteúdo de cinemática.

Este trabalho apresenta análise que foram executadas com base nas respostas fornecidas pelos estudantes ante o teste de diagnóstico e da elaboração escrita dos mesmos depois da execução das atividades investigativas. O método de análise foi a Análise de Conteúdo de Bardin (1977). Para tal usou-se as respostas fornecidas pelos estudantes ante o teste de diagnóstico e a elaboração escrita dos estudantes.

Foi demonstrado através das respostas do teste de diagnóstico que a concepção alternativa mais recorrente foi a consideração, por parte dos estudantes, que dois objetos têm velocidades similares caso estejam em posições similares.

Baseado nessa concepção identificada, construiu-se três atividades experimentais investigativas que punham em teste tal concepção alternativa.

No momento posterior à realização das atividades, as análises dos resultados das elaborações demonstraram que:

- Os estudantes, ainda que tenham visto o conteúdo de cinemática previamente, depois de um ensino formal, continuavam a pensar segundo as concepções alternativas. Uma confirmação de que tais concepções são persistentes, resistem à alterações e são obstáculos à aprendizagem de saberes cientificamente aceitos (PINTÓ *et al*, 1996); (PIETROCOLA, 2001);
- Houve aproximação por parte de alguns alunos da concepção cientificamente aceita e os demais somente se afastaram da primeira concepção alternativa mostrada no teste diagnóstico. Esse resultado colabora com os debates erguidos neste estudo por Mortimer (1996) e por Pozzo e Crespo (2009), que defendem o pensamento de que um

desenvolvimeto do conceito não seria, essencialmente, o transitar de um modo de pensar intuitivo para um científico e sim uma alteração no modo de pensar do estudantes;

- A utilização da sequência de atividades experimentais sugeridas neste estudo, ponderada em uma abordagem investigativa, pode colaborar para uma melhor aprendizagem dos conceitos físicos dos estudantes de ensino médio. Nesse viés, cabe uma discussão e uma reponderação das atividades experimentais que são historicamente desenvolvidas e procurar alternativas que aproveitem da melhor forma o espaço que escolas como a Escola Estadual Sólon de Lucena têm para este tipo de trabalho.
- Os resultados obtidos estão em plena concordância com as pesquisas que têm indicado que alunos estudantes de todos os graus aprendem com mais facilidade no momento em que são submetidos a uma tática de ensino baseada na investigação científica, semelhante com a executada em laboratórios científicos (AZEVEDO, 2006; CARVALHO, 2013; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011; CARVALHO *et al*, 1998 e MUNFORD e LIMA, 2007).

A sugestão de trabalho que se indica aqui neste estudo é que se comece pela parte do conceito do conteúdo de velocidade. Apenas após essa etapa é que se deve exibir atividades que conduzam os estudantes a elaborarem as relações matemáticas. Dessa maneira, as relações matemáticas serão elaboradas pelos estudantes baseando-se no saber do conceito primordial. O professor não fornecerá a equação finalizada, porém o estudante irá elaborá-la por meio da atividade.

## 6 PROPOSTAS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS ABORDANDO O CONCEITO DE VELOCIDADE

São propostas neste estudo três atividades experimentais. Planejaram-se as atividades de laboratório na modelo de Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), projetadas de modo a possibilitar meios para que os estudantes provem suas concepções alternativas, possuam pensamentos e os debatam com a turma e com o professor e, com base nisso, desenvolvam seu saber rumo ao saber científico.

Todas as atividades foram pensadas com o objetivo de promover uma evolução conceitual quanto à concepção de que dois móveis possuem a mesma velocidade sempre que estiverem em uma mesma posição.

### 6.1 PRIMEIRA ATIVIDADE: CORRIDA DE CARRINHOS

#### 6.1.1 Abordagem conceitual

O instrumento experimental da primeira atividade foram dois carrinhos movidos à pilha (Figura 1). É necessário que ambos movimentem-se com velocidades constantes. Contudo, é preciso que um deles possua uma velocidade menor do que o outro, porém os estudantes é que devem descobrir essa informação.



Figura 1: Carrinho com retropropulsão

- ✓ *Sugestão relevante: é possível utilizar os dois carrinhos semelhantes e pôr em um deles um fardo, no intuito de tornar sua massa maior. Dessa forma, sua velocidade será menor. No começo, caro colega professor, você precisa demarcar dois pontos sobre a bancada do laboratório (partida e chegada). A demarcação da partida precisa ter a mesma espessura da fita utilizada para criar a demarcação, dois centímetros de espessura, no caso da fita crepe. A demarcação de chegada deve ter 10 cm de espessura. É essencial que assim seja pois uma demarcação de chegada diminuta torna difícil a execução do experimento, porque o tempo de cruzamento é muito pequeno.*

A proposição do problema engloba ligar os carrinhos simultaneamente, a posição de um deverá ser na linha de partida enquanto que a do outro em qualquer posição antes da mesma, de modo que ambos cruzem, ao mesmo tempo, a linha de chegada. É esperado que, assim que os estudantes descobrirem que as velocidades não são semelhantes, eles passem a reconsiderar as posições iniciais. Desse modo, deverá o carrinho de menor velocidade largar da posição de partida e o de maior velocidade deverá largar de uma posição anterior.

Ao final, objetiva-se que os estudantes descubram que a velocidade dos carrinhos é diferente no momento em que cruzam a linha de chegada e atribuam esse resultado à distância trilhada e o tempo gasto.

## **6.2 SEGUNDA ATIVIDADE: CORRIDA DE CARRINHOS**

### **6.2.1 Abordagem matemática**

Esta segunda atividade utiliza como aparato experimental os mesmos dois carrinhos movidos a pilha, uma trena de cinco metros, uma régua de trinta centímetros, um relógio de ponteiro e um cronômetro digital. Os alunos devem determinar a velocidade de cada carrinho ao passar pela linha de chegada e, para isso, Inicialmente, você professor deve colocar duas marcas sobre a bancada do laboratório (saída e chegada).

- ✓ *Sugestão relevante: da mesma forma como na atividade anterior, é possível utilizar os dois carrinhos semelhantes e em um deles pôr um fardo, no intuito de aumentar sua massa. Dessa forma ela passará a ter uma velocidade menor. No começo, caro colega professor, você precisa demarcar dois pontos sobre a bancada do laboratório (partida e chegada). A demarcação de partida poderá ter espessura semelhante à fita utilizada para fazer a demarcação, 2 cm de espessura, no caso da fita crepe. A demarcação de chegada precisa ter 10 cm de espessura.*

*É essencial esse procedimento pois uma demarcação de chegada diminuta torna difícil a execução do experimento, porque o tempo de cruzamento é muito pequeno.*

É necessário que todos os instrumentos e materiais sejam colocados sobre a bancada do laboratório para que os estudantes determinem quais deles tornarão mais fácil a coleta dos dados necessários (trena e cronômetro digital). É esperado que os estudantes notem que são diferentes as velocidades dos carrinhos, ainda que estejam na mesma posição. É imprescindível essa atividade para os alunos que, embora realizada e debatida a primeira atividade, permanecem na afirmação de que a velocidade dos carrinhos são semelhantes no instante em que se encontram.

Com base nessa atividade, é possível fazer uma dedução da equação para o cálculo da velocidade e debater, com a turma, a relação entre as grandezas presentes na equação.

## **6.3 TERCEIRA ATIVIDADE**

### **6.3.1 Abordagem matemática**

Os instrumentos utilizados nesta atividade são dois trilhos de ar, dois carrinhos para trilhos de ar, uma mola, quatro sensores fotoelétricos e um cronômetro ligado aos sensores fotoelétricos. É preciso que os dois trilhos sejam postos um ao lado do outro sobre a bancada e estejam alinhados. Isto é, precisam iniciar e terminar em posições semelhantes (Figura 2). Um dos trilhos precisa estar plano para que o carrinho não sofra nenhuma aceleração no decorso de seu movimento, o outro precisa estar com uma pequena inclinação, algo em torno de 5 graus, para que o movimento do carrinho seja acelerado. Dessa forma, um dos carrinhos seguiria uma trajetória retilínea plana, com velocidade constante e o outro seguiria uma trajetória retilínea descendo o plano inclinado e, por essa razão, passaria a ter aceleração. É preciso que os sensores de cada trilho sejam postos em posição similar, de modo que seja permitido a determinação da velocidade de cada carrinho entre um sensor e outro (Figura 3).

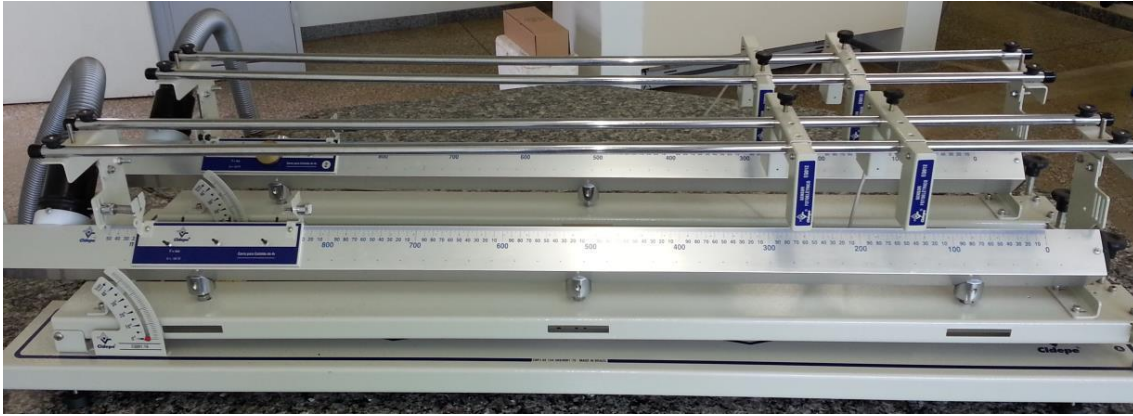


Figura 2: Trilhos de ar com sensores fotoelétricos, vista lateral.

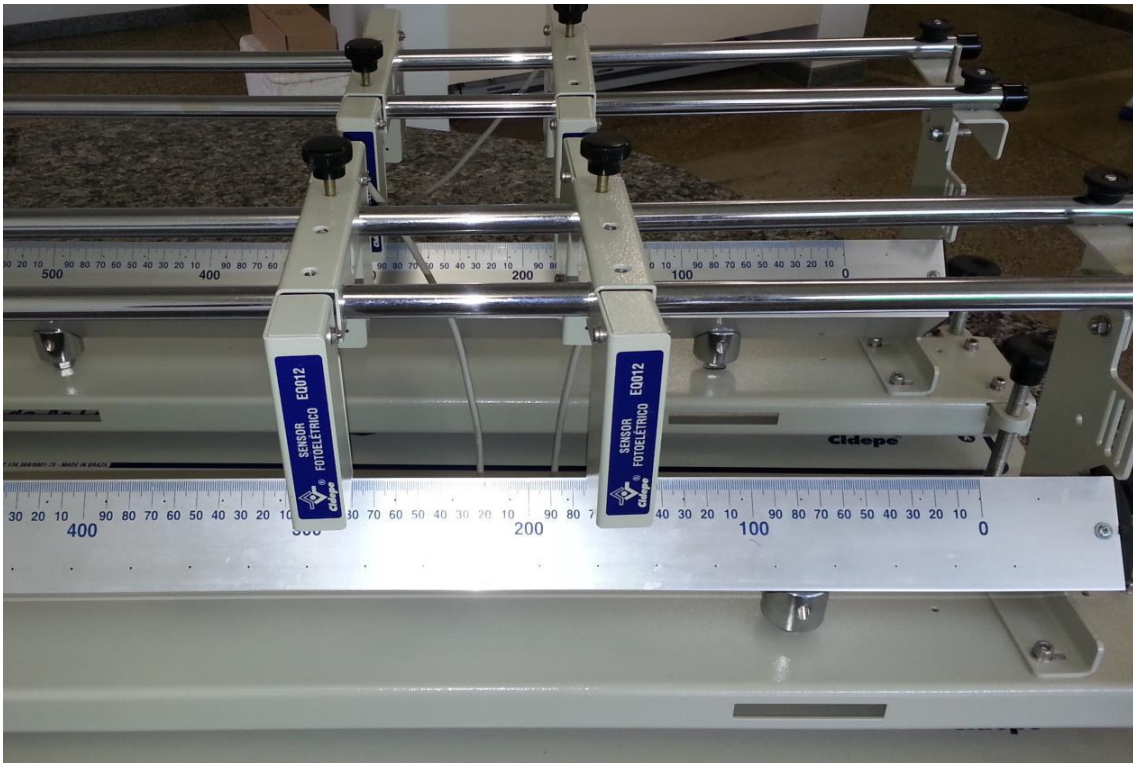


Figura 3: Sensores fotoelétricos, vista aproximada.

É preciso que o estudante posicione os carrinhos em posições similares, mas em cada trilho. É preciso que o carrinho do trilho plano fique pressionado contra a mola.

O aluno deve posicionar os carrinhos nas mesmas posições, porém um em cada trilho. O carrinho do trilho plano deve ficar pressionado contra a mola.

- ✓ *Sugestão relevante: coloque o carrinho na mola com trilho desligado, o impacto entre o carrinho e o trilho irá prendê-lo à mola.*

É preciso que os trilhos sejam ligados e o movimento dos carrinhos se iniciem simultaneamente. O que estiver no trilho plano, comprimido a uma mola, partirá antes, na frente do que foi colocado no trilho inclinado. Contudo, no decorrer do tempo, o carrinho do trilho inclinado o ultrapassará. É preciso que os estudantes visualizem o

movimento dos dois carrinhos e descubram qual é a velocidade de cada um deles no instante da ultrapassagem, instante no qual se encontravam na mesma posição. Os estudantes deverão, na realização dessa etapa, manipular os sensores fotoelétricos no intuito de medir o tempo e uma trena no intuito de medir a longitude. Questiona-se os estudantes, no começo da atividade, se as velocidades dos carrinhos são similares no instante do encontro.

É esperado que o estudantes, no término do experimento, note que os dois carrinhos, embora estejam em posições semelhantes, não possuem a mesma velocidade. É esperado, da mesma forma, que o estudante possa associar de modo cientificamente aceito a longitude percorrida com o tempo gasto no intuito de desvelar a velocidade dos dois carrinhos.

## **7 DICAS IMPORTANTES PARA A REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS**

É imprescindível que no decorrer da execução dos experimentos:

- A sequência proposta aconteça de preferêncianesta ordem: primeira atividade, segunda atividade e terceira atividade;
- As atividades precisam de no mínimo uma hora para ser executada;
- No momento anterior às atividades é interessante aplicar um questionário diagnóstico (Anexo 2). Ambos foram projetados a partir da concepção alternativa que dois objetos têm velocidade similar no momento em que estão em posição similar;
- No decorrer da execução das atividades, o professor precisa ocasionar circunstâncias nas quais os estudantes discutirão entre si, ainda que estejam errados. O equívoco precisa ser notado pelos mesmos com suas tentativas de solucionar o problema proposto;
- No momento posterior às atividades, debata com os estudantes, em equipe, de que maneira resolveram o problema. É imprescindível que o professor não entregue respostas prontas e que, através de questões, oriente seus estudantes ao saber cientificamente aceito;

Exemplos de questões que podem ser feitas pelo professor nessa etapa:

- a) De que maneira foi que conseguiram fazer os dois carrinhos passarem simultaneamente pela demarcação?
  - b) Segundo a resposta dada esta questão o professor pode então questionar:
  - c) Por que usaram a trena e não a régua?
  - d) Os dois carrinhos têm a mesma velocidade no momento do encontro?
  - e) Qual era a velocidade dos carrinhos no momento do encontro?
  - f) Como é possível neste caso os dois carrinhos terem andado distâncias iguais e ainda assim não terem a mesma velocidade?
- No momento posterior a essa etapa, é necessário para o estudante alguma atividade individual que faça com que ele sistematize o saber adquirido no experimento. Como sugestão, tem-se uma atividade escrita que está em anexo. (Anexo 3) (Anexo 4) (Anexo 5).

# Referências Bibliográficas

ABIB, Maria L. V. dos S. Por que os objetos flutuam? Três versões de diálogo entre explicações das crianças e as explicações científicas. In: CARVALHO, Anna Maria P. de (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 6, p. 93-110.

AZEVEDO, Maria. Cristina. P. Stella. de. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.). São Paulo. Pioneira Thomson, 2006, p. 19-33.

BAPTISTA, Mónica Luísa Mendes. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. Tese de doutoramento, Educação (Didáctica das Ciências)-Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Persona, 1977.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A. **O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica**. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba, p. 1-12.

BRASIL, MEC. **Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais**, Brasília: MEC, 1997.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais /Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC /SEF, 1998, disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>> Acessado em junho de 2014.

CARVALHO, A. M. P.; TEIXEIRA, O. P. B. **O Conceito de Velocidade em Alunos da 5º série do 1º grau: um Estudo a partir de Questões Típicas de Sala de Aula**. São Paulo: R. Fac. Educ. 11 (1/2), 1985. p.173-191.

CARVALHO, Anna. Maria. Pessoa. de. **Construção do conhecimento e ensino de ciências**. Em Aberto, Brasília, ano 11, nº 55, jul./ set. 1992.

CARVALHO, Anna Maria P. de. *et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, Anna Maria P. de. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, Anna Maria P. de (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 1, p. 1-20.

CARVALHO, Anna Maria P. de. **Critérios estruturantes para o ensino das ciências**. In: \_\_\_\_\_. *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.). São Paulo. Pioneira Thomson, 2006, p. 1-17.

GRISNSPUN, Miriam P. S. Zippin (Org.). **Educação tecnológica: desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortez, 1999.

GOMES, Luciano Carvalhais. **Concepções alternativas e divulgação: análise da relação entre força e movimento em uma revista de popularização científica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. **Force Concept Inventory**. *Physics Teaching*. v. 30, p. 141–158, 1992.

LEMKE, Jay L. **Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir**. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2006.

LEITE, Laurinda Souza Ferreira. **Concepções Alternativas em Mecânica Um Contributo para a Compreensão do seu Conteúdo e Persistência**. Tese de Doutorado - Universidade do Minho, Braga, 1993.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 3ª edição, São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1999.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos?**. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.1, n.1, p.20-39, 1996.

MUNFORD, Danusa.; LIMA, Maria. Emília. de Castro. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?**. Revista Ensaio, v. 9, n. 1, 2007.

OLIVEIRA, C. M. A.; CARVALHO, A. M. P. **Escrevendo em aulas de Ciências**. Ciência e Educação (UNESP), v. 11, p. 347-366, 2005.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, Sônia S. **O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton**. Cad. Cat. Ens. Fis. v.2, n.1, p.6 -15, 1985. 160

PEREIRA, W.V. **Propostas de utilização de sequencias didáticas investigativas no estudo do conceito de velocidade no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em ensino de física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

PIETROCOLA, M. **Construção e Realidade: o Papel do Conhecimento Físico no Entendimento do Mundo**. In: Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Abordagem Integradora. PIETROCOLA, M. (org). Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PINTÓ, R., ALIBERAS, J. e GÓMEZ, R. **Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas**. Enseñanza de las Ciencias, 14(2), 1996, p. 221-232.

POZO; J.I. CRESPO; M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**. Artmed, 2009.

SHUELL, T. **The Role of the Student in Learning from Instruction**. Contemporary Educational Psychology, 1988.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. **Investigation of the concept of velocity in one dimension**. American Journal of Physics, V.48(12), Dec, 1980.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. **Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension**. American Journal of Physics, V.49(3), p.242-253,1981.

ZÔMPERO, Andréia. Freitas; LABURÚ, Carlos. Eduardo. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**. Revista Ensaio v.13, n.03, p.67-80, 2011.

ZYLBERSZTAJN, A. **Conceitos espontâneos em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino**. Rev. Ens. Fis. v.5, n.2, p.3-16, 1983.

WATTS, D. M.; ZYLBERSZTAJN, A. **A survey of some children's ideas about force.** Phys. Educ. v.16, n.6, p.360-365, 1981.

WILSEK, M.; TOSIN, J. **Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas.** Estado do Paraná, v. 3, n. 5, 2012. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf> > Acesso em: junho de 2014.

# APÊNDICE B

## Anexo 1: Termo de consentimento.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE), BLOCO DA  
FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE  
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Coroado, 69.077-000  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS (IFAM)  
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro – Bloco do CDI  
CEP: 69020-120 - Manaus - Amazonas

### **Termo de consentimento livre e esclarecido (pais ou responsáveis)**

Você está sendo consultado sobre a participação do seu (sua) filho(a), como voluntário, em uma pesquisa educacional. Este estudo pretende investigar a aprendizagem de conceitos científicos em Física relacionados ao conteúdo de velocidade. Pretendemos verificar se a nossa metodologia de trabalho experimental contribui para uma evolução conceitual nos alunos a respeito dos conceitos de velocidade. Isso permitirá resultados que vão ajudar a investigar a aprendizagem dos estudantes, bem como a evolução dessa. Durante um tempo de aproximadamente 3 meses, seu (sua) filho (a) participará de um curso em horário diferente das aulas da Escola Estadual Sólon de Lucena. Durante esse curso seu (sua) filho (a) irão manipular experimentos em laboratório de física relacionados ao conteúdo de velocidade e irão responder um pré e um pós questionário com questões discursivas abordando o conteúdo de velocidade.

Por se tratar de uma pesquisa, pretende-se que as atividades do curso sejam filmadas.

Se você concordar com a participação do seu (sua) filho(a) na pesquisa, podemos lhe garantir que:

- a filmagem será feita apenas para registrar a realização das atividades e, portanto, em nenhum momento a imagem do seu (sua) filho(a) será divulgada.
- em nossas análises e ao divulgar os resultados em congressos adotaremos procedimentos para que ele(a) não seja identificado(a);
- seu professor ou professora não utilizará os resultados de nossa análise para avaliar o seu desempenho;
- o seu (sua) filho(a) terá inteira liberdade de se retirar da pesquisa a qualquer momento que desejar;
- serão solicitadas apenas informações quanto ao nome, idade, série e gênero do seu (sua) filho(a) para que seja possível analisar a sua evolução de aprendizagem ao longo do curso.
- os dados constantes da ficha de identificação serão absolutamente confidenciais, garantindo, assim, total anonimato;
- não existe qualquer risco pessoal na participação da pesquisa.

O seu (sua) filho(a) não terá nenhum benefício direto pela sua participação ao responder às questões que lhe serão apresentadas. Os benefícios serão úteis para a investigação da aprendizagem de Física no Ensino Médio. Caso não queira participar da pesquisa isso não acarretará em nenhum tipo de punição. Em caso de dúvida sobre os procedimentos que estamos usando você pode entrar em contato com o pesquisador e com a orientadora da pesquisa.

Os conhecimentos resultantes desta pesquisa serão divulgados em revistas especializadas, em congressos e simpósios sobre pesquisas educacionais e em uma Dissertação de Mestrado. Além disso, os dados coletados farão parte de um banco de dados que ficará sob a guarda dos pesquisadores do projeto por pelo menos 10 anos, e poderão ser utilizados em futuras pesquisas. Depois desse prazo, os dados serão destruídos. Abaixo estão os dados relativos a este projeto.

Título do projeto: O uso de sequências didáticas investigativas como proposta para o estudo do conceito de velocidade em uma escola pública de Manaus.

Pesquisador responsável: Prof. Everson Apolinário de Souza – Escola Estadual Sólon de Lucena Telefone para contato: (92) 98112-1311.

Assinatura do Pesquisador Responsável:

\_\_\_\_\_  
Prof. Everson Apolinário de Souza

#### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

Eu li e entendi os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para autorizar ou não a participação de meu (minha) filho(a) no projeto e que posso interromper a participação dele a qualquer momento. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Manaus, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Nome por extenso: \_\_\_\_\_

Nome do Filho: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

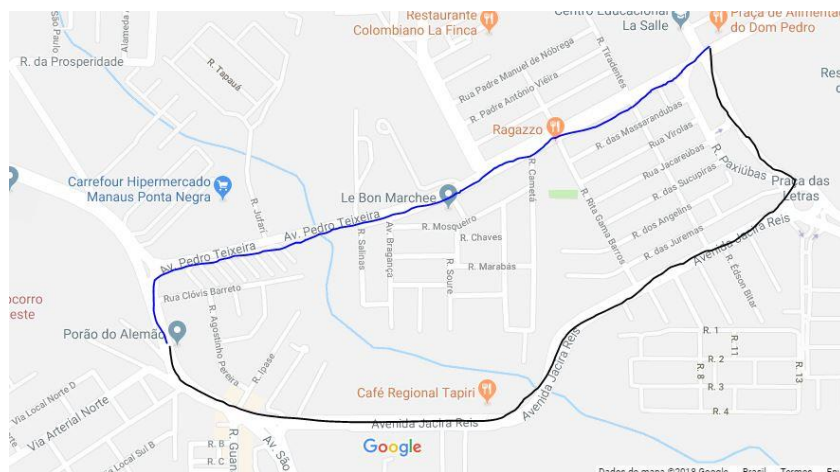
## Anexo 2: Questionário diagnóstico.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE), BLOCO DA FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE  
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Coroado, 69.077-000  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS (IFAM)  
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro – Bloco do CDI  
CEP: 69020-120 - Manaus - Amazonas

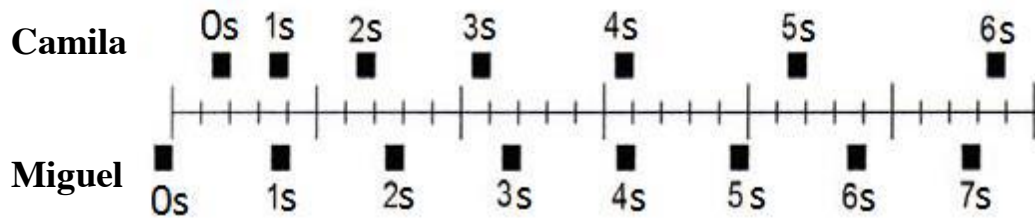
### Questionário diagnóstico

1. Eu e minha amiga discutíamos qual seria o melhor caminho a se tomar para sair de onde estávamos e ir para o Porão do Alemão. Ela disse que o caminho mais rápido era o que está em azul no mapa abaixo, e eu disse que, por causa do trânsito, o mais rápido era o caminho que está preto no mapa. Como não chegamos a um acordo, resolvemos apostar uma corrida pelas ruas de Manaus. Partimos ao mesmo tempo do ponto de partida e chegamos ao mesmo tempo no Porão do Alemão, onde era o ponto de chegada. Analisando esse texto e a figura abaixo responda:



- Considerando que as nossas velocidades são constantes durante todo o trajeto da corrida, podemos, então, afirmar que a nossas velocidades são iguais? Por que? Explique com suas palavras
- Considerando o trajeto que cada um teve nesta corrida responda: O que é igual, a distância percorrida, o deslocamento ou ambos (distância e deslocamento)? Explique com suas palavras.

2) Camila e Miguel, que são amigos, começam a discutir quem é o mais rápido. Como a discussão não ia chegar a lugar nenhum, eles resolvem apostar uma corrida. Miguel, confiando na vitória, deixa Camila sair um pouco na sua frente. Para que você possa entender como ocorreu essa disputa, apresentamos o desenho abaixo que representa as posições de Camila e Miguel a cada segundo da corrida.



a) Existe algum momento da corrida em que a velocidade de Camila é igual à velocidade de Miguel? Por que? Explique com suas palavras.

b) Considerando que o final da reta é a chegada, e que os dois chegam lá. Eles percorreram a mesma distância, o mesmo deslocamento ou mesma distância e deslocamento? Por que? Explique com suas palavras.

3) Dois pilotos de carros, que estavam apostando corrida em uma rodovia de Manaus, passam ao mesmo tempo por uma linha que estava pintada no asfalto em frente à Escola Estadual Sólon de Lucena e são observados por um guarda que estava na guarita da portaria. Obs.: os carros estão se movimentando em linha reta.



Considere que os carros se deslocavam com velocidades constantes. É possível para o segurança afirmar que elas tinham a mesma velocidade no exato instante em que estavam em frente à Escola Estadual Sólon de Lucena Por que? Explique com suas palavras.

## Anexo 3: Guia da atividade 1.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE), BLOCO DA  
FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE  
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Coroadó, 69.077-000  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS (IFAM)  
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro – Bloco do CDI  
CEP: 69020-120 - Manaus - Amazonas

A seguir são apresentadas algumas questões para discutirmos pontos importantes da atividade realizada. Utilize os espaços em branco para dar o máximo de informações. Faça desenhos também, para ajudar-nos a compreender melhor a sua resposta.

Questão1:

a) O que vocês tiveram que fazer para que os carrinhos chegassem juntos na marca? Descreva e faça um desenho.

b) Os dois carrinhos podem sair de uma mesma posição para chegarem juntos na marca? Por quê? Explique com suas palavras.

c) Você pode afirmar que os carrinhos tiveram a mesma velocidade em algum ponto do percurso? Explique.

d) Você pode afirmar que os carrinhos têm a mesma velocidade quando passam juntos pela marca posta na bancada? Explique e faça um desenho.

e) Faça uma comparação entre as ideias que você tinha sobre velocidade antes de fazer o experimento e as ideias que você tem agora. Por exemplo: Você pode falar sobre coisas que você:

- não sabia antes e que agora sabe; - não entendia antes e que agora entendeu; - achava difíceis antes e que agora ficaram mais fáceis para você.

## Anexo 4: Guia da atividade 2.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE), BLOCO DA  
FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE  
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Coroado, 69.077-000  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS (IFAM)  
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro – Bloco do CDI  
CEP: 69020-120 - Manaus - Amazonas

A seguir são apresentadas algumas questões para discutirmos pontos importantes da atividade realizada. Utilize os espaços em branco para dar o máximo de informações. Faça desenhos também, para ajudar-nos a compreender melhor a sua resposta.

Questão 1:

a) Quais materiais vocês escolheram para a realização da atividade? Porque? Explique com suas palavras:

b) O que vocês fizeram para descobrir as velocidades de cada carrinho? Descreva e faça desenho.

c) Então, para descobrir a velocidade de alguém o que nós precisamos conhecer a respeito do seu movimento? Explique com suas palavras:

d) Analisando os resultados das velocidades dos carrinhos podemos afirmar que eles tinham a mesma velocidade no momento do encontro? Por quê? Explique com suas palavras.

e) Faça uma comparação entre as ideias que você tinha sobre velocidade antes de fazer o experimento e as ideias que você tem agora. Por exemplo: Você pode falar sobre coisas que você:

- não sabia antes e que agora sabe; - não entendia antes e que agora entendeu; - achava difíceis antes e que agora ficaram mais fáceis para você.

## Anexo 5: Guia da atividade 3.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE), BLOCO DA  
FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE  
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Coroadó, 69.077-000  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS (IFAM)  
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro – Bloco do CDI  
CEP: 69020-120 - Manaus - Amazonas

A seguir são apresentadas algumas questões para discutirmos pontos importantes da atividade realizada. Utilize os espaços em branco para dar o máximo de informações. Faça desenhos também, para ajudar-nos a compreender melhor a sua resposta.

Questão 1:

a) Como você fez para descobrir a velocidade de cada carrinho? Descreva o passo a passo e faça um desenho.

b) Para descobrir a velocidade de um móvel qualquer o que é necessário saber? Por quê?

c) No encontro os carrinhos tinham velocidades iguais? Por quê? Qual era a velocidade de cada um dos carrinhos?

d) Faça uma comparação entre as ideias que você tinha sobre velocidade antes de fazer o experimento e as ideias que você tem agora. Por exemplo: Você pode falar sobre coisas que você:

- não sabia antes e que agora sabe; - não entendia antes e que agora entendeu; - achava difíceis antes e que agora ficaram mais fáceis para você.

Anexo 6: Atividade diagnóstica antes de ser revisada.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE), BLOCO DA  
FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE  
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Coroadó, 69.077-000  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS (IFAM)  
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro – Bloco do CDI  
CEP: 69020-120 - Manaus - Amazonas

### **Questionário diagnóstico**

1) A avenida Constantino Nery é muito movimentada e necessita muita atenção para ser atravessada pelos pedestres. Nesta semana, Pedro estava pronto para atravessar a avenida quando 2 carros passaram ao mesmo tempo na sua frente causando perigo.



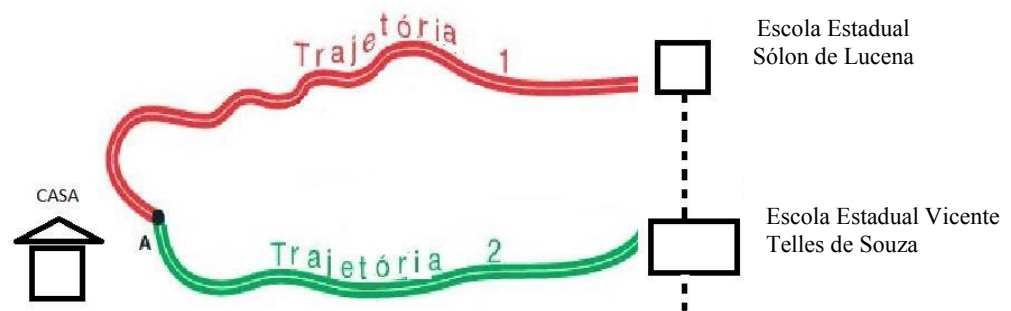
a) Considere que os dois carros estavam se movimento com velocidade constante. Pedro pode afirmar que os dois carros estavam com a mesma velocidade quando passaram, ao mesmo tempo, por ele? Por quê? Explique com suas palavras.

b) Ainda nesta questão, suponha que um dos carros saiu da **Sede do Governo** e o outro do **CETI – Áurea Pinheiro Braga**. Considere que o **Sede do Governo** e a **CETI – Áurea Pinheiro Braga** estão em posições diferentes da avenida Brasil e que os dois carros saíram ao mesmo tempo e chegaram ao mesmo tempo onde o Pedro estava (veja a figura abaixo). É possível afirmar que os dois carros tiveram o mesmo deslocamento? Explique sua resposta com suas palavras.



<https://maps.google.com>

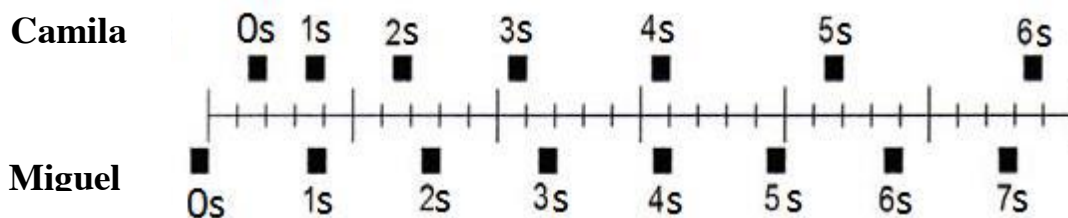
2) Eu e minha irmã estudamos em escolas diferentes. Eu estudo no Escola Estadual Sólón de Lucena e ela na Escola Estadual Vicente Telles de Souza. Porém, sempre saímos juntos da escola e chegamos juntos em casa, isto é, ao mesmo tempo. Analisando esse texto e a figura abaixo responda:



a) Considerando que as nossas velocidades são constantes durante todo o trajeto de volta a casa, podemos, então, afirmar que as nossas velocidades são iguais durante a volta para casa? Por quê? Explique com suas palavras.

b) O deslocamento que eu tive é igual ao deslocamento que minha irmã teve? Por quê? Explique com suas palavras.

3) Camila e Miguel, que são amigos, começam a discutir quem é o mais rápido. Como a discussão não ia chegar a lugar nenhum, eles resolvem apostar uma corrida. Miguel, confiando na vitória, deixa Camila sair um pouco na sua frente. Para que você possa entender como ocorreu essa disputa, apresentamos o desenho abaixo que representa as posições de Camila e Miguel a cada segundo da corrida.



a) Existe algum momento da corrida em que a velocidade de Camila é igual à velocidade de Miguel? Por quê? Explique com suas palavras.

b) Considerando que o final da reta é a chegada, e que os dois chegam lá. Eles percorreram a mesma distância? Por quê? Explique com suas palavras.

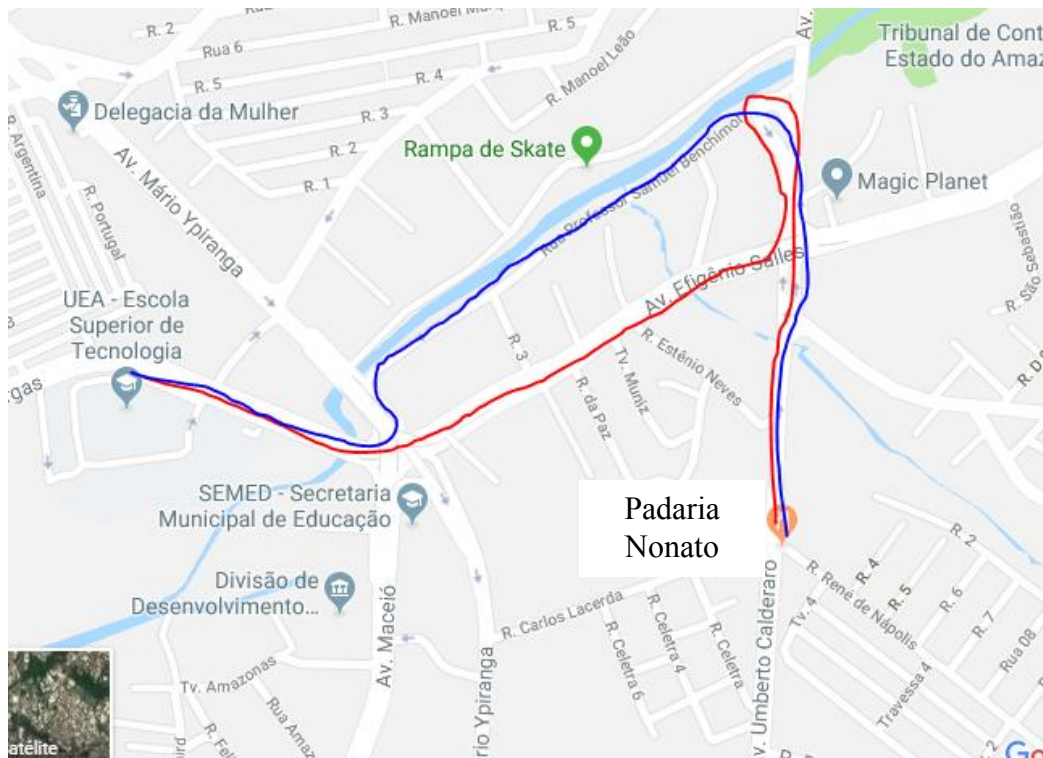
4) Dois pilotos de carro, que estavam apostando corrida em um cartódromo, na vila olímpica de Manaus, passam ao mesmo tempo em frente ao lugar onde estava a torcida que assistia ao evento, e são observados pela mesma. Obs: os carros estão se movimentando em linha reta.



a) Considere que os carros se deslocavam com velocidades constantes. É possível para a torcida afirmar que eles tinham a mesma velocidade no exato instante em que estavam em frente ao local onde estavam? Por quê? Explique com suas palavras.



5) Eu e meu amigo trabalhamos juntos na Padaria Nonato e estudamos na Escola Superior de Tecnologia (UEA). Todos os dias saímos juntos do trabalho, isto é, ao mesmo tempo e chegamos juntos à faculdade. Porém eu vou pelo caminho vermelho e ele vai pelo caminho azul. Analisando esse texto e a figura abaixo responda:



Mapa do entorno da Padaria Nonato. Fonte: <https://maps.google.com>

a) Considere que as nossas velocidades são constantes durante todo o trajeto para a faculdade. Podemos, então, afirmar que a nossas velocidades são iguais durante a ida para a faculdade? Por quê? Explique com suas palavras.

b) O deslocamento que eu tive indo para a faculdade pelo caminho vermelho, é igual ao deslocamento que meu amigo teve indo para a faculdade pelo caminho verde? Por quê? Explique com suas palavras.